TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG
TS. NGUYỄN NHƯ QUÝ

CÔNG NGHỆ
VẬT LIỆU CÁCH NHIỆT

(Tái bản)

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2010

LỜI NÓI ĐẦU

Vào những năm cuối của thế kỷ XX - đầu thế kỷ XXI, cùng với những dự đoán về những triển vọng hết sức tốt đẹp trong việc phát minh và chế tạo các loại vật liệu mới, công nghiệp Vật liệu cách nhiệt phát triển mạnh với các sản phẩm được ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực xây dựng và các ngành công nghiệp khác. Vật liệu cách nhiệt rất đa dạng về chủng loại và tính chất. Các sản phẩm cách nhiệt như: amiăng ximăng, fibrôlit, bông khoáng, bê tông tổ ong... được dùng trong các kết cấu nhẹ cách nhiệt và thiết bị công nghệ sản xuất cấu kiện xây dựng, các thiết bị nhiệt như nồi hơi, lò sấy, lò nung, kho bảo quản thực phẩm v.v... Để đảm bảo hiệu quả kinh tế, kỹ thuật cao đòi hỏi người sản xuất, người sử dụng phải có những kiến thức cần thiết về phương diện này.

Cuốn sách ***Công nghệ Vật liệu cách nhiệt*** *cung cấp cho bạn đọc, nhất là các cán bộ giảng dạy, các học viên cao học, các nghiên cứu sinh và sinh viên ngành Vật liệu Xây dựng, những kiến thức cơ bản giúp tiếp cận với những loại vật liệu cách nhiệt mới cùng công nghệ sản xuất có trình độ cơ giới hoá và tự động hoá cao.*

Nội dung của giáo trình đề cập tới các khái niệm, tính chất cơ bản của vật liệu cách nhiệt; nguyên vật liệu chế tạo và các đặc tính kỹ thuật của sản phẩm; các dây chuyền công nghệ sản xuất.

Giáo trình này gồm 12 chương, riêng chương 12 "Chất dẻo cách nhiệt" được viết với sự tham gia của Th.S Hoàng Vĩnh Long, giảng viên bộ môn Công nghệ Vật liệu Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng.

Tác giả xin chân thành cảm ơn T.S Nguyễn Thiện Ruệ, bộ môn Công nghệ Vật liệu Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng đã đọc và góp ý cho bản thảo của giáo trình này.

Tuy đã có cố gắng nhất định song khó có thể tránh khỏi những sai sót. Rất mong nhận được những ý kiến đóng góp, phê bình của độc giả để giáo trình ngày càng được hoàn thiện hơn.

Tác giả

MỞ ĐẦU

Vào thời điểm con người biết sử dụng năng lượng nhiệt để phục vụ cho lợi ích cuộc sống cũng là lúc họ biết sử dụng vật liệu để giảm tổn thất nhiệt. Nhóm vật liệu đó có tên gọi là vật liệu cách nhiệt. Vật liệu cách nhiệt ở thời kỳ đầu thường được khai thác trong tự nhiên, chỉ qua một số công đoạn chế biến đơn giản, do đó hiệu quả cách nhiệt thấp. Chúng được sử dụng dưới dạng các lớp cách nhiệt từ hạt hoặc sợi rời rạc. Cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, vật liệu cách nhiệt ngày càng hoàn thiện và có hiệu quả cách nhiệt cao. Các phần tử tạo lớp cách nhiệt rời giờ đây đã được liên kết với nhau tạo thành khối có tính ổn định thể tích tốt, chịu tác động cơ học cũng như sự thay đổi của độ ẩm, nhiệt độ và các tác nhân khác của môi trường xung quanh. Vật liệu liên kết thường là chất kết dính vô cơ, hữu cơ. Sản phẩm cách nhiệt ngày nay được sản xuất trên dây chuyền công nghiệp có mức độ cơ giới hoá và tự động hoá cao, do đó chất lượng ổn định và không ngừng được cải thiện. Vật liệu nhẹ nói chung và vật liệu cách nhiệt nói riêng là một lĩnh vực tiềm ẩn nhiều khả năng cần được nghiên cứu phát triển. Trên thế giới cũng như ở Việt Nam có không ít các nhà khoa học theo đuổi nghiên cứu trong lĩnh vực này và có nhiều cải tiến, phát minh, sáng chế nhằm mục đích tăng cường hiệu quả sử dụng năng lượng nhiệt, tiết kiệm nguồn tài nguyên chất đốt, năng lượng và trực tiếp làm giảm ô nhiễm môi trường do tiêu thụ nhiên liệu hoá thạch.

Vật liệu cách nhiệt được chế tạo từ nhiều nguồn nguyên vật liệu ban đầu khác nhau. Các phương pháp công nghệ chế tạo vật liệu cách nhiệt rất đa dạng và khác biệt nhau như: công nghệ vật liệu nung, công nghệ bê tông ximăng, công nghệ chất dẻo, v.v... Tuy vậy chúng có một đặc điểm chung là tạo ra độ rỗng lớn cho vật liệu. Đó chính là xuất phát điểm quan trọng cho phép tập hợp các phương pháp công nghệ chế tạo vật liệu cách nhiệt trong cùng một giáo trình với tên gọi là "Giáo trình Công nghệ Vật liệu cách nhiệt".

1. Đối tượng nghiên cứu của môn học Công nghệ Vật liệu cách nhiệt

Trong xây dựng giá thành vật liệu chiếm khoảng 50% đến 60% giá thành công trình. Việc ứng dụng vật liệu xây dựng tiên tiến cho phép tăng hiệu quả

vốn đầu tư xây dựng cơ bản, giảm giá thành công trình. Trong số đó, phải kể đến vật liệu cách nhiệt. Khi sử dụng, vật liệu cách nhiệt trực tiếp làm giảm khối lượng vật liệu của công trình dẫn đến giảm giá thành công trình.

Vật liệu cách nhiệt tuy đa dạng về chủng loại nhưng đều có độ dẫn nhiệt thấp, do đó có khả năng hạn chế quá trình truyền nhiệt. Tính dẫn nhiệt kém của vật liệu cách nhiệt được giải thích là do chúng có chứa một số lượng lớn lỗ rỗng chứa không khí, ở trạng thái tĩnh không khí là một chất dẫn nhiệt kém.

Môn học Công nghệ Vật liệu cách nhiệt nhằm trang bị cho người học những kiến thức cơ bản để chế tạo nhiều chủng loại vật liệu cách nhiệt qua các công đoạn như: chuẩn bị nguyên vật liệu, chế tạo phối liệu thành hình đến công đoạn tạo hình và gia công để ổn định cấu trúc. Việc nghiên cứu tính chất của vật liệu cũng như các đặc tính kỹ thuật của sản phẩm trong sử dụng được đề cập tương đối tỉ mỉ. Cũng trong giáo trình này, tác giả đã cố gắng đưa ra những vấn đề khoa học còn nhiều ý kiến tranh luận, những gợi mở, định hướng giúp giải quyết các vấn đề còn tồn tại trong công nghệ, giúp người học tiếp tục nghiên cứu phát triển và ứng dụng vật liệu cách nhiệt.

2. Vai trò và vị trí của vật liệu cách nhiệt trong xây dựng

Ngày nay vật liệu cách nhiệt được sử dụng rộng rãi trong xây dựng dân dụng, xây dựng công nghiệp, giao thông vận tải, năng lượng và nhiều lĩnh vực khác của nền kinh tế quốc dân. Công trình có sử dụng vật liệu cách nhiệt trong kết cấu bao che cho phép giảm lượng nhiệt dùng để sưởi ấm về mùa lạnh, ở các vùng khí hậu lạnh và tiết kiệm năng lượng làm mát về mùa nóng, ở các vùng khí hậu nóng. Trong vùng khí hậu vòng cực, phải sử dụng các loại vật cách nhiệt hiệu quả cao mới tạo được môi trường thuận lợi cho hoạt động của con người. Đối với công nghệ sử dụng môi trường nhiệt độ thấp hoặc nhiệt độ cao, sự có mặt của vật liệu cách nhiệt thích hợp là không thể tránh khỏi.

3. Hiệu quả kinh tế và kỹ thuật của vật liệu cách nhiệt

Trong các công trình dân dụng, sử dụng vật liệu cách nhiệt cho phép giảm đáng kể tiết diện khung chịu lực, kết cấu móng, bề dày tường bao. Theo tài liệu nước ngoài cứ $1m^2$ xây dựng được xây từ gạch chỉ có khối lượng khoảng 3000kg, nhà lắp ghép tấm lớn tương ứng là 2000kg; trong khi đó, đối với nhà có panen tường bao từ vật liệu cách nhiệt hiệu quả cao, giá trị này chỉ vào khoảng 500kg đến 800kg cho $1m^2$ diện tích xây dựng, tức là

thấp hơn 4 đến 6 lần so với tường xây gạch. Trong trường hợp công trình xây dựng nằm cách xa các đô thị lớn, hiệu quả kinh tế còn phụ thuộc vào giá thành vận chuyển. Theo ước tính, khi sản phẩm nhà lắp ghép tấm lớn chuyên chở trên quãng đường từ 800 - 1000km, giá thành vận chuyển đạt xấp xỉ giá thành sản xuất ra sản phẩm này. Việc vận chuyển panen kết cấu nhẹ trên cùng khoảng cách có giá thành thấp hơn từ 5 đến 6 lần.

Khi xây dựng nhà lắp ghép tấm lớn và nhà kiểu khung - tấm, nếu sử dụng vật liệu cách nhiệt trong kết cấu bao che cho phép giảm 1,5 ÷ 3 lần chi phí cốt thép, 3 - 4 lần chi phí ximăng.

Trong công nghiệp, vật liệu cách nhiệt được dùng để cách nhiệt cho máy móc công nghiệp, thiết bị nhiệt, đường ống dẫn. Vật liệu cách nhiệt hiệu quả cao không những làm giảm tổn thất nhiệt và tiết kiệm nhiên liệu mà trong nhiều trường hợp còn góp phần thúc đẩy các quá trình công nghệ. Với các nhà máy nhiệt điện, việc sử dụng vật liệu cách nhiệt cho bề mặt thiết bị và đường ống dẫn làm giảm tổn thất nhiệt khoảng 25 lần. Khi không có lớp cách nhiệt, tổn thất nhiệt cho 1000kW công suất thiết kế vào khoảng 1450 - 2950kJ/h hay tương đương 12% đến 25% tiêu tốn nhiên liệu. Trong khi đó tổn thất nhiệt qua lớp cách nhiệt chỉ khoảng 65 - 130kJ/h hay tương đương 0,5% đến 1% tiêu tốn nhiên liệu.

Với công nghiệp lạnh, việc sử dụng vật liệu cách nhiệt cho phép tiết kiệm năng lượng làm lạnh. Mặt khác có rất nhiều chủng loại vật liệu cách nhiệt, ngoài vai trò cách nhiệt còn có khả năng cách âm, làm tăng tiện nghi cho môi trường hoạt động của con người.

4. Tình hình sản xuất và sử dụng vật liệu cách nhiệt ở Việt Nam

Ở các nước công nghiệp phát triển, chỉ tiêu sử dụng năng lượng trên đầu người rất lớn, do vậy khối lượng vật liệu cách nhiệt được sử dụng là rất lớn. Chính điều này đã tạo điều kiện phát triển công nghiệp sản xuất vật liệu cách nhiệt. Chỉ riêng Liên Xô cũ, năm 1940 chỉ có 3 nhà máy chế tạo bông khoáng với tổng sản lượng khoảng 30 ngàn tấn/năm; đến năm 1950, tổng sản lượng bông khoáng đạt 659 ngàn tấn/năm; năm 1963 là 6,5 triệu tấn/năm; năm 1970 là 12 triệu tấn/năm và năm 1977 đạt 20,3 triệu tấn/năm.

Đối với nước ta, vật liệu cách nhiệt được sử dụng khá rộng rãi trong các nhà máy nhiệt điện, các thiết bị nhiệt như nồi hơi, lò sấy, lò nung, ống dẫn

khí, chất lỏng nóng hoặc lạnh, trong các kho lạnh bảo quản thực phẩm, v.v... Tuy vậy công nghiệp sản xuất vật liệu cách nhiệt vẫn còn là một ngành công nghiệp non trẻ.

Trong xây dựng dân dụng, vật liệu cách nhiệt vẫn chưa được sử dụng rộng rãi với mục đích cách nhiệt mà chủ yếu nhằm giảm khối lượng công trình như bê tông keramzit, bê tông tổ ong. Một số vật liệu nhẹ dạng tấm như tấm trần cách nhiệt từ sợi khoáng với chất kết dính vô cơ và hữu cơ, tấm ngăn cách từ dăm gỗ có chất kết dính ximăng, tấm dăm gỗ có chất kết dính hữu cơ sử dụng cho chế tạo đồ gỗ gia dụng, tấm sóng amiăng ximăng hay tấm sóng không có amiăng có cốt là sợi tự nhiên hay sợi thuỷ tinh, v.v... được dùng với mục đích ngăn nước.

Cả nước hiện có khoảng trên 30 cơ sở sản xuất tấm sóng amiăng ximăng với tổng công suất ước đạt 35 triệu m^2/năm. Trong đó thành phần vật liệu chủ yếu là sợi amiăng phần lớn được nhập khẩu do Việt Nam không có mỏ amiăng có giá trị khai thác. Ngoài ra còn có một số cơ sở chế tạo sợi thuỷ tinh với công suất nhỏ, dây chuyền thiếu đồng bộ. Hầu hết vật liệu cách nhiệt hiệu quả cao hiện nay còn phải nhập từ nước ngoài.

Một vài năm trở lại đây, ván gỗ nhân tạo làm từ dăm gỗ và chất kết dính nhựa tổng hợp sử dụng trong chế tạo đồ gỗ và thiết bị nội thất đang được đưa vào sản xuất tại Việt Nam. Nguyên vật liệu chủ yếu là dăm gỗ chế tạo từ gỗ khai thác ở rừng trồng như bạch đàn, gỗ mỡ, phi lao, chàm, đước, v.v... Tấm sợi gỗ được sử dụng rất rộng rãi trong công nghiệp song do có công nghệ tương đối phức tạp (tương tự công nghệ sản xuất giấy), vốn đầu tư lớn nên phần lớn sản phẩm loại này vẫn phải nhập khẩu.

Trong tương lai khi công nghiệp nước ta phát triển thì nhu cầu về vật liệu cách nhiệt tăng, điều đó đòi hỏi công nghiệp sản xuất vật liệu cách nhiệt phải phát triển nhanh. Với nguồn nguyên vật liệu phong phú và đa dạng như đá vôi, cát thạch anh, đất sét các loại, sợi tự nhiên như đay, xơ dừa, gỗ các loại, than bùn, bã mía, tre, nứa, v.v..., công nghiệp sản xuất vật liệu cách nhiệt ở Việt Nam có triển vọng hết sức tốt đẹp.

Chương I

PHÂN LOẠI VẬT LIỆU CÁCH NHIỆT

Vật liệu cách nhiệt thường được phân loại dựa theo các đặc điểm: hình dạng bề ngoài, cấu trúc, loại nguyên vật liệu ban đầu, khối lượng thể tích, độ cứng (biến dạng tương đối khi bị ép), độ dẫn nhiệt, tính cháy, v.v...

Theo hình dạng bên ngoài, vật liệu cách nhiệt được phân thành: vật liệu dạng cấu kiện (khối, chiếc) thường là sản phẩm dạng tấm, blốc, gạch, trụ, nửa trụ hay rẻ quạt; vật liệu cách nhiệt dạng cuộn, dạng thừng, chão thường là sản phẩm dạng thảm, đệm, chão, thừng; vật liệu cách nhiệt xốp rời.

Phổ biến hơn cả là vật liệu cách nhiệt cứng dạng tấm có chiều dài 1m, chiều rộng 0,5m và chiều dày 5 - 10cm. Chiều dày của sản phẩm xuất phát từ trị số nhiệt trở của vật liệu. Các tấm có kích thước nhỏ thường được chế tạo từ vật liệu có độ bền thấp.

Vật liệu dạng rời có thể là vật liệu vô cơ, hữu cơ tồn tại dưới dạng bột hạt mịn như: điatomit nghiền, bông khoáng vê viên, cát peclit, vemiculit phồng, bột than bùn, v.v...

Ở trạng thái khô vật liệu cách nhiệt dạng rời được dùng để chèn lấp các lỗ hổng của tấm tường nhà tạm hay nhà có kết cấu nhẹ, hoặc cách nhiệt cho trần của tầng ốp mái. Vật liệu vô cơ thường được sử dụng cách nhiệt cho các thiết bị công nghiệp. Trong số vật liệu cách nhiệt dạng rời còn phải kể đến các hỗn hợp bột dạng vữa bả dùng để cách nhiệt cho các bề mặt nóng.

Vật liệu cách nhiệt dạng rời dùng để tạo lớp cách nhiệt dạng đổ đống, thi công trực tiếp tại hiện trường, hiệu quả cách nhiệt phụ thuộc vào độ ổn định của lớp vật liệu.

Vật liệu cách nhiệt dạng cấu kiện có hình dạng, kích thước ổn định, thường được chế tạo với sự có mặt của chất kết dính. Đây là loại vật liệu có chất lượng tốt, với độ bền và tuổi thọ cao, hiệu quả cách nhiệt tốt hơn so với vật liệu cách nhiệt đổ đống hay vữa bả. Vật liệu cách nhiệt dạng cấu kiện được chế tạo trên các dây chuyền công nghiệp và chất lượng của chúng được kiểm tra, giám sát theo các quy trình, tiêu chuẩn nghiêm ngặt. Chúng được

dùng để cách nhiệt cho các bề mặt có độ cong nhỏ, định hình như các loại ống dẫn, thiết bị nhiệt, thiết bị lạnh, hoặc bề mặt có độ cong lớn như bồn chứa, xilô. Sử dụng vật liệu cách nhiệt dạng cấu kiện cho năng suất lao động cao hơn so với khi tạo lớp cách nhiệt bằng vật liệu rời, đồng thời chất lượng của lớp cách nhiệt tốt hơn. Vật liệu cách nhiệt dạng cuộn, dây thường dùng để tạo lớp cách nhiệt cho các chi tiết có hình thù phức tạp như van, ống phân nhánh, đồng hồ đo, v.v...

Theo cấu trúc rỗng, vật liệu cách nhiệt được chia thành: dạng sợi, dạng hạt và dạng tổ ong.

Việc phân loại vật liệu cách nhiệt theo loại nguyên vật liệu ban đầu khá phổ biến, là cơ sở đặt tên cho các sản phẩm cách nhiệt. Nhóm vật liệu cách nhiệt bông khoáng là sản phẩm được chế tạo từ bông khoáng - loại nguyên liệu chính chiếm khối lượng lớn trong sản phẩm. Vật liệu cách nhiệt gốm (ceramic) được chế tạo từ đất sét các loại. Vật liệu cách nhiệt tấm sợi gỗ được chế tạo từ sợi gỗ. Vật liệu cách nhiệt bê tông tổ ong được chế tạo từ bê tông tổ ong cách nhiệt. Thực tế có một số loại vật liệu cách nhiệt vừa được làm từ vật liệu hữu cơ và vật liệu vô cơ. Fibrôlit cách nhiệt là một ví dụ, vật liệu này được chế tạo từ xơ gỗ và ximăng, hoặc trường hợp tấm bông khoáng có chất kết dính hữu cơ - nhựa tổng hợp. Các loại vật liệu cách nhiệt này không phân thành nhóm riêng. Cơ sở để phân loại phụ thuộc vào loại vật liệu ban đầu nào có tính quyết định đến tính chất của sản phẩm. Đối với hai trường hợp nêu trên, fibrôlit thuộc nhóm vật liệu cách nhiệt hữu cơ còn tấm bông khoáng có chất kết dính nhựa tổng hợp thuộc nhóm vật liệu vô cơ.

Phân loại vật liệu cách nhiệt theo khối lượng thể tích ở trạng thái khô là cơ sở định mác cho sản phẩm như nêu trong bảng 1.1.

Bảng 1.1. Phân loại vật liệu cách nhiệt theo khối lượng thể tích

Nhóm vật liệu	Mác
Vật liệu cách nhiệt có độ rỗng rất lớn	15, 25, 35, 50, 75
Vật liệu cách nhiệt có độ rỗng lớn	100, 125, 150, 175
Vật liệu cách nhiệt có độ rỗng trung bình	200, 225, 250, 300, 350
Vật liệu cách nhiệt có độ rỗng thấp	400, 450, 500, 600

Phân loại vật liệu cách nhiệt theo độ cứng bao gồm các loại như nêu trong bảng 1.2.

Bảng 1.2. Phân loại vật liệu cách nhiệt theo độ cứng

Loại sản phẩm	Biến dạng tương đối khi ép, (%) dưới tải trọng, (MPa)		
	0,02	0,04	0,10
Sản phẩm mềm	> 30	-	-
Sản phẩm cứng vừa	6 ÷ 30	-	-
Sản phẩm cứng	< 6	-	-
Sản phẩm có độ cứng cao	-	< 10	-
Sản phẩm rất cứng	-	-	> 10

Phân loại vật liệu cách nhiệt theo độ dẫn nhiệt được nêu trong bảng 1.3.

Bảng 1.3. Phân loại vật liệu cách nhiệt theo độ dẫn nhiệt

Loại sản phẩm	Hệ số dẫn nhiệt đo ở 25°C	
	W/(m.°C)	kCal/(m.°C.h)
Sản phẩm có độ cần nhiệt thấp	< 0,06	< 0,05
Sản phẩm có độ cần nhiệt trung bình	0,06 - 0,115	0,05 - 0,100
Sản phẩm có độ cần nhiệt lớn	0,115 - 0,175	0,100 - 0,150

Trong thực tê vật liệu cách nhiệt còn được phân loại theo mục đích sử dụng như: vật liệu cách nhiệt thường là các sản phẩm có khối lượng thể tích $\gamma_0 \leq 750 kg/m^3$; vật liệu cách nhiệt cấu kiện ứng với các sản phẩm có khối lượng thể tích $\gamma_0 \geq 750 kg/m^3$; hoặc vật liệu cách nhiệt dùng trong xây dựng, vật liệu cách nhiệt công nghiệp.

Chương II

CÁC TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA VẬT LIỆU CÁCH NHIỆT

Các tính chất cơ bản của vật liệu xây dựng nói chung và vật liệu cách nhiệt nói riêng được phân thành hai nhóm: các tính chất nhiệt - lý và các tính chất cơ - lý. Chúng chi phối, ảnh hưởng lẫn nhau tuỳ thuộc vào loại vật liệu. Tuy nhiên trong quá trình chế tạo có thể điều khiển các thông số kỹ thuật để kết hợp tốt nhất các chỉ tiêu kỹ thuật trong cùng một loại sản phẩm.

2.1. CÁC TÍNH CHẤT NHIỆT - LÝ CỦA VẬT LIỆU CÁCH NHIỆT

Ba đặc điểm của quá trình truyền nhiệt: tính dẫn nhiệt, độ dẫn nhiệt độ và nhiệt dung riêng là những tính chất nhiệt - lý quan trọng của vật liệu. Trong quá trình thiết kế tối ưu kết cấu bao che hoặc lớp cách nhiệt cho máy và thiết bị nhiệt đòi hỏi sự hiểu biết một cách sâu sắc các tính chất này.

2.1.1. Tính dẫn nhiệt của vật liệu cách nhiệt

Tính dẫn nhiệt là một thuộc tính quan trọng của vật liệu cách nhiệt và vật liệu cách nhiệt cấu kiện, được xác định bởi hệ số dẫn nhiệt λ có thứ nguyên W/(m.°C) hoặc kCal/(m.°C.h). Quan hệ giữa các đơn vị này như sau:

1W/(m.°C) = 0,86kCal/(m.°C.h) hay 1kCal/(m.°C.h) = 1,163W/(m.°C)

Theo định luật Furie ta có:

$$\lambda = \frac{Q}{(F.\tau.\Delta t)/l} \qquad (2\text{-}1)$$

Trong đó: Q - dòng nhiệt theo phương vuông góc với mặt phẳng vách ngăn; F - diện tích vách ngăn, m^2; τ - thời gian, h; Δt - chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt đối diện, °C; l - chiều dày vách ngăn, m.

De Baye đã biến đổi công thức trên theo dạng sau:

$$\lambda = C.\omega.l \qquad (2\text{-}2)$$

Trong đó: C - nhiệt dung riêng khi thể tích không đổi; ω - vận tốc truyền sóng; l - chiều dài trung bình của bước sóng.

Những công trình nghiên cứu mới đây cho thấy công thức trên của De Baye hoàn toàn đúng cho vật thể rắn, vật thể lỏng và thể khí. Nếu xuất phát từ những nhận thức hiện đại về bản chất của sự truyền nhiệt thì phương trình của De Baye cho phép giải thích sự thay đổi hệ số dẫn nhiệt của vật liệu phụ thuộc vào trạng thái cấu trúc và trạng thái tổ hợp của chúng.

Hệ số dẫn nhiệt được xác định bằng phương pháp thực nghiệm hoặc tính toán, như tính dựa trên kết quả đo chênh lệch nhiệt độ sau các quãng thời gian nhất định trong quá trình đốt nóng sử dụng thiết bị ống trụ.

Trong điều kiện thực tế sản xuất, việc xác định trực tiếp hệ số dẫn nhiệt gặp không ít khó khăn. Do đó có xu hướng xác định hệ số dẫn nhiệt gián tiếp thông qua các thông số khác dễ đo và thông dụng hơn của vật liệu như khối lượng thể tích. Đối với vật liệu cuội kết phi kim loại, hệ số dẫn nhiệt của chúng có thể xác định một cách gần đúng bằng công thức thực nghiệm Necraxôv - Kaufman.

Hệ số dẫn nhiệt (W/(m.°C)) của một số vật liệu cách nhiệt phổ biến thường dao động trong khoảng rộng. Đối với không khí đứng yên, ở nhiệt độ 0°C là 0,24; ở nhiệt độ 1000°C là 0,075; đối với nước, ở 0°C là 0,55; ở nhiệt độ 100°C là 0,7; nước đá có hệ số dẫn nhiệt là 2,5; gỗ từ 0,11 - 0,17; gạch đất sét nung từ 0,45 - 0,80; thép và gang từ 45 - 60; bạc là 418. Theo đó hệ số dẫn nhiệt của bạc và không khí chênh lệch nhau 18 ngàn lần.

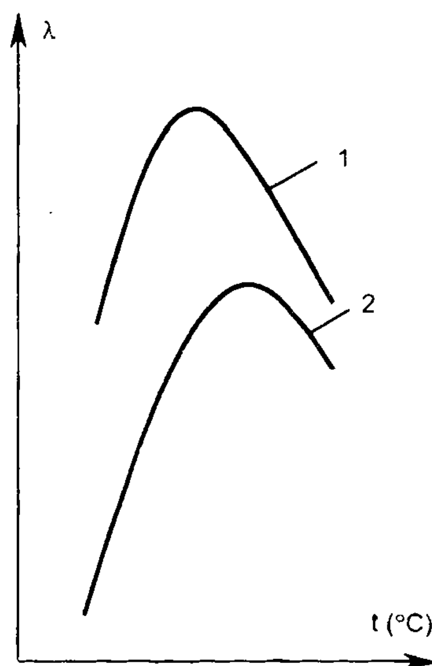
Trên thực tế những biến đổi nhỏ trạng thái vật lý và thành phần hoá học của vật liệu cũng có thể dẫn đến sự thay đổi giá trị hệ số dẫn nhiệt.

Tính dẫn nhiệt của vật liệu cách nhiệt chịu ảnh hưởng của một số nhân tố như trạng thái vật lý và cấu trúc của vật liệu, thành phần hoá học, sự có mặt của các tạp chất (nhất là đối với vật thể kết tinh) và điều kiện sử dụng (như nhiệt độ, áp suất và độ ẩm).

Trạng thái vật lý của vật thể có ảnh hưởng lớn tới tính dẫn nhiệt. Tương tự như thuyết ánh sáng, nhiệt được truyền nhờ sự có mặt của phôtôn. Trong môi trường không liên tục của mạng lưới tinh thể, mối liên hệ giữa các dao động bình thường được tạo điều kiện bởi tính không điều hoà dẫn đến sự tương tác lẫn nhau của phônôn, tức là sự phát tán một cách không trật tự dưới dạng sóng của phônôn. Do đó việc sử dụng khái niệm độ dài bước sóng tự do để diễn tả quá trình truyền nhiệt tỏ ra khá thuận tiện.

Trong chất khí và chất lỏng, quá trình truyền nhiệt xảy ra nhờ sự va chạm giữa các phân tử có động năng khác nhau. Do vậy khi xây dựng công thức và đánh giá tính dẫn nhiệt cần xuất phát từ chiều dài bước sóng trung bình của các phân tử. Trong vật thể rắn đó là chiều dài bước sóng trung bình của các phônôn.

Đối với các vật thể kết tinh phi kim loại, giá trị *l* phụ thuộc vào cấu tạo, kích thước tinh thể (trong các tinh thể nhỏ thì vùng tác động của sóng bị hạn chế); khuyết tật của mạng lưới và sự chuyển vị của tinh thể tạo ra sức cản trong quá trình lan truyền của sóng. Do đó chiều dài bước sóng của phônôn sẽ lớn hơn trong các đơn tinh thể thô và nhỏ hơn trong vật thể kết tinh mịn. Thực vậy, trong các hệ đa tinh thể khi chiều dài bước sóng (*l*) hạn chế bởi kích thước của tinh thể thì độ dẫn nhiệt thấp hơn so với trong các đơn tinh thể có cùng thành phần hoá học (xem hình 2.1). Có thể nói rằng độ dẫn nhiệt của tinh thể tỷ lệ thuận với kích thước của chúng.



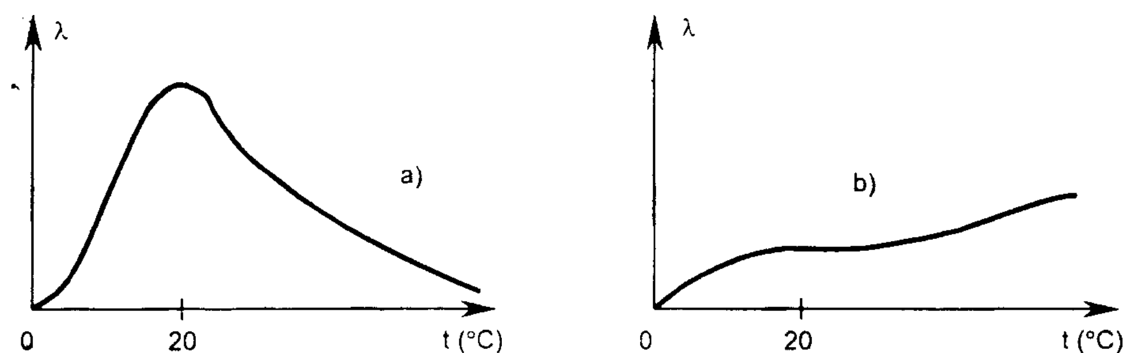
Hình 2.1: *Độ dẫn nhiệt của đá xaphia.*
1- Dạng đơn tinh thể; 2- Dạng đa tinh thể.

Ở các vật thể kết tinh, độ dẫn nhiệt phụ thuộc vào phương truyền nhiệt so với trục quang học của tinh thể, còn trong vật thể cấu trúc sợi thì độ dẫn nhiệt phụ thuộc vào trục của sợi (xem bảng 2.1). Trị số độ dẫn nhiệt của tinh thể thạch anh đo trong khoảng nhiệt độ từ -200°C đến +100°C theo phương song song với trục quang học lớn gần gấp hai lần so với khi đo theo phương vuông góc. Kết quả trên cũng đúng với trường hợp sợi amiăng và sợi gỗ.

Bảng 2.1. Hệ số dẫn nhiệt của λ-quăczit khi nhiệt độ thay đổi

Hướng của dòng nhiệt	Giá trị λ, W/(m.°C) đo ở nhiệt độ			
	- 200	- 100	0	+ 100
Vuông góc với trục tinh thể	27,0	11,6	7.2	5,6
Song song với trục tinh thể	53,5	22,0	13,6	9,0

Trong vật thể cấu trúc thuỷ tinh, khoảng cách tác động trung bình của sóng đàn hồi nhỏ chỉ bằng khoảng hai lần khoảng cách giữa các phân tử và độ dẫn nhiệt của chúng rất nhỏ nếu so với độ dẫn nhiệt của vật thể kết tinh.



Hình 2.2: Sự thay đổi độ dẫn nhiệt của:
a) Đơn tinh thể quăczit; b) Quăczit vô định hình.

Chiều dài bước sóng trung bình trong vật thể rắn phụ thuộc vào nhiệt độ. Khi nhiệt độ giảm, chiều dài bước sóng tăng, điều này được minh hoạ qua ví dụ về sự thay đổi độ dẫn nhiệt của đơn tinh thể quăczit trong khoảng nhiệt độ lớn hơn 20°K (xem hình 2.2a). Khi nhiệt độ tăng, độ dẫn nhiệt của vật thể kết tinh sẽ giảm. Điều đó có thể lý giải hiện tượng khi nhiệt độ xuống thấp thì tính chất cách nhiệt của vật liệu bị xấu đi.

Tính dẫn nhiệt của các vật thể kết tinh có thể giảm bằng cách tăng mức độ khuyết tật của mạng tinh thể hoặc tái kết tinh để giảm kích thước tinh thể, đồng thời giảm tỷ lệ tinh thể có trong vật liệu. Một trong những phương pháp giảm độ dẫn nhiệt theo hướng trên là chiếu xạ cho vật liệu, nhờ đó tạo ra các khuyết tật cục bộ trong cấu trúc của tinh thể. Trong trường hợp chiếu xạ với cường độ cao sẽ làm cho cấu trúc tinh thể chuyển sang cấu trúc thuỷ tinh. Khi đó chiều dài bước sóng và độ dẫn nhiệt cũng giảm.

Trong vật thể dạng thuỷ tinh, chiều dài bước sóng phônôn hầu như không đổi khi nhiệt độ thay đổi. Khi các dao động nhiệt gia tăng thì sự phát tán phônôn cũng tăng lên. Dc sự sắp xếp không trật tự của các nguyên tử nên khi nhiệt độ tăng, độ dẫn nhiệt của các vật thể cũng tăng (xem hình 2.2b).

Độ dẫn nhiệt của chất lỏng tăng khi nhiệt dung riêng tăng. Khi nhiệt độ tăng, khoảng cách giữa các phân tử trong chất lỏng tăng, độ đặc giảm và độ dẫn nhiệt giảm (trừ nước, nước nặng và glixêrin). Thành phần hoá học của chất lỏng cũng có ảnh hưởng đến độ dẫn nhiệt. Nhiệt độ sôi của chất lỏng

càng thấp thì mức độ giảm của hệ số dẫn nhiệt khi nhiệt độ tăng càng mạnh. Giá trị này nằm trong khoảng 0,1 - 0,25% cho 1°C.

Đối với chất khí, độ dẫn nhiệt tăng khi nhiệt độ tăng theo công thức:

$$\frac{\lambda_{T_1}}{\lambda_{T_0}} = \frac{\mu_{T_1}}{\mu_{T_0}} \cdot \frac{C_{vT_1}}{C_{vT_0}} \quad (2\text{-}3)$$

Trong đó:

μ - độ nhớt, Pa.s;

C_v - nhiệt dung riêng, kJ/(kg.°C).

Khi nhiệt độ tăng thì μ và C_v tăng. Mặt khác khi phân tử chất khí có số lượng nguyên tử càng lớn thì mức độ tăng độ dẫn nhiệt càng cao.

Độ dẫn nhiệt còn phụ thuộc vào thành phần hoá học của vật chất cũng như cấu trúc phân tử của chúng. Vật chất có thành phần hoá học và cấu tạo đơn giản dẫn nhiệt tốt hơn so với vật chất phức tạp. Hệ số dẫn nhiệt của MgO và CaO cao hơn so với của SiO_2 và Al_2O_3 nhưng hệ số dẫn nhiệt của SiO_2 và Al_2O_3 lại cao hơn hệ số dẫn nhiệt của mulit - $3Al_2O_3.2SiO_2$ và của canxi silicat - 2CaO. SiO_2 và CaO. SiO_2.

Sự có mặt của các tạp chất trong vật chất sẽ làm giảm độ dẫn nhiệt của chúng. Điều này thể hiện rõ hơn khi đem so sánh vật thể kết tinh với vật thể vô định hình.

Ảnh hưởng của điều kiện sử dụng đến độ dẫn nhiệt của vật liệu cách nhiệt thể hiện khá rõ nét khi nhiệt độ và độ ẩm thay đổi, giá trị hệ số dẫn nhiệt thường xác định ở nhiệt độ 0°C hoặc 25°C. Ở nhiệt độ bất kỳ khác 0°C, hệ số dẫn nhiệt được quy đổi theo công thức dưới đây:

$$\lambda_t = \lambda_0(1 + \beta.t) \quad (2\text{-}4)$$

Trong đó:

λ_t và λ_0 - hệ số dẫn nhiệt của vật liệu ở t°C và 0°C trong trạng thái khô;

β - số gia hệ số dẫn nhiệt khi nhiệt độ tăng 1°C. Giá trị β thay đổi phụ thuộc vào tính chất lỗ rỗng và khoảng nhiệt độ, dao động từ 2.10^{-2} - $3,5.10^{-3}$.

Độ ẩm của vật liệu có ảnh hưởng đến độ dẫn nhiệt và khả năng hút ẩm của vật liệu. Khi độ ẩm thay đổi, độ dẫn nhiệt được xác định theo công thức:

$$\lambda_w = \lambda_k(1 + \beta_w.W/100) \quad (2\text{-}5)$$

Trong đó:

λ_w và λ_k - hệ số dẫn nhiệt của vật liệu ẩm và vật liệu khô, W/(m.°C);

β_w - số gia hệ số dẫn nhiệt khi độ ẩm thể tích tăng lên 1%;

W - độ ẩm thể tích, %.

Giá trị β_w phụ thuộc vào độ rỗng toàn phần của vật liệu và độ ẩm thể tích của vật liệu. Khi khối lượng thể tích của vật liệu giảm thì β_w tăng. Ví dụ đối với bê tông tổ ong khi γ_o = 250kg/m^3 thì β_w = 0,0084; γ_o = 500kg/m^3 thì β_w = 0,0072 và γ_o = 900kg/m^3 thì β_w = 0,0054.

2.1.2. Nhiệt dung

Nhiệt dung là tính chất của vật liệu hấp thụ nhiệt khi nhiệt độ tăng. Cần phân biệt với nhiệt dung riêng của vật liệu chính là lượng nhiệt cần cung cấp cho 1kg vật liệu để tăng nhiệt độ lên 1°C. Thứ nguyên của nhiệt dung riêng là J/(kg.°K) hay J/(kg.°C). Quan hệ giữa các đơn vị này là:

1J/(kg.°C) = 0,239kCal/(kg.°C) hay 1kCal/(kg.°C) = 4,187kJ/(kg.°C)

Nhiệt dung riêng của vật liệu phụ thuộc vào bản chất của vật liệu. Độ rỗng của vật liệu ảnh hưởng không lớn đến nhiệt dung riêng vì nhiệt dung riêng của pha rắn và không khí chênh lệch không đáng kể. Nhiệt dung riêng của bê tông nặng bằng 0,92kJ/(kg.°C) còn của không khí là 1,04kJ/(kg.°C). Vật liệu hữu cơ có nhiệt dung riêng lớn hơn so với vật liệu khoáng. Nhiệt dung riêng của các sản phẩm bông khoáng là 0,75kJ/(kg.°C), còn nhiệt dung riêng của tấm sợi gỗ bằng 3,2 lần và của chất dẻo cách nhiệt bằng 1,8 lần.

Nhiệt dung riêng của chất lỏng cao hơn nhiều so với nhiệt dung riêng của chất rắn và chất khí. Nhiệt dung riêng của nước xấp xỉ 4kJ/(kg.°C), do đó độ ẩm của vật liệu ảnh hưởng rất lớn đến nhiệt dung riêng của chúng:

$$C = \frac{C_o + 0{,}01W_p}{1 + 0{,}01W_p} \quad (2\text{-}6)$$

Trong đó:

C_o - nhiệt dung riêng của vật liệu khô, kJ/(kg.°C);

C - nhiệt dung riêng của vật liệu có độ ẩm khối lượng W_p(%).

2.1.3. Độ dẫn nhiệt độ

Độ dẫn nhiệt độ của vật liệu được xác định theo công thức sau:

$$a = \frac{\lambda}{C.\gamma} \qquad (2\text{-}7)$$

Trong đó:

a - độ dẫn nhiệt độ, m^2/s;

λ - hệ số dẫn nhiệt, W/(m.°C);

C - nhiệt dung riêng, kJ/(kg.°C);

γ - khối lượng thể tích, kg/m^3.

Ý nghĩa vật lý của độ dẫn nhiệt độ là tốc độ san phẳng nhiệt độ tại các điểm khác nhau của môi trường. Trong vật liệu có giá trị a cao, tất cả các điểm nhanh nóng lên hơn khi bị đốt nóng và chóng nguội hơn khi làm lạnh.

Độ dẫn nhiệt độ của vật liệu dao động trong khoảng rộng. Độ dẫn nhiệt độ của thép là $2,1.10^{-5}m^2/s$, của thuỷ tinh là $0,048.10^{-5}m^2/s$, của bông khoáng là $0,055.10^{-5}m^2/s$ và của không khí là $1,8.10^{-5}m^2/s$.

Độ dẫn nhiệt độ của không khí và của thép xấp xỉ bằng nhau, giá trị đó lớn hơn rất nhiều so với độ dẫn nhiệt độ của vật liệu silicat (khoảng 40 lần). Mặt khác ta chỉ nên so sánh độ dẫn nhiệt độ của cùng một loại vật liệu với độ rỗng thay đổi, hay nói cách khác, có khối lượng thể tích khác nhau. Khi độ rỗng của vật liệu tăng thì độ dẫn nhiệt độ của vật liệu cách nhiệt cũng tăng. Tuy vậy đặc tính này không làm giảm tính chất cách nhiệt của vật liệu, vì đối với các kết cấu bao che và lớp cách nhiệt của các thiết bị nhiệt thì tác động nhiệt thay đổi tương đối chậm.

2.1.4. Nhiệt độ sử dụng tới hạn

Nhiệt độ sử dụng tới hạn là nhiệt độ tới hạn cho phép trong điều kiện sử dụng vật liệu cách nhiệt lâu dài. Nhiệt độ sử dụng tới hạn thường thấp hơn độ bền nhiệt độ của vật liệu, vì khi chọn nhiệt độ sử dụng tới hạn cần xem xét đến sự phá hoại xảy ra trong sản phẩm khi bị đốt nóng trong thời gian dài. Thật vậy, trong vật liệu cấu trúc dạng thuỷ tinh như bông khoáng, thuỷ tinh bọt, dưới tác dụng lâu dài của nhiệt độ cao có thể xảy ra sự hình thành và phát triển các tinh thể làm tăng đột ngột ứng suất trong thuỷ tinh, gây huỷ

hoại cấu trúc. Đối với các vật liệu có nguồn gốc pôlime có thể sẽ xảy ra sự phân huỷ nhiệt các hợp chất cao phân tử làm giảm tính đàn hồi của chất kết dính. Trong các vật liệu cách nhiệt chứa ximăng, khi bị đốt nóng lâu có thể dẫn đến sự mất nước của các chất khoáng làm giảm cường độ và tăng tính dòn của vật liệu.

Đối với vật liệu cách nhiệt từ nguyên vật liệu hữu cơ (tấm sợi gỗ, tấm than bùn, v.v...) nhiệt độ sử dụng tới hạn được chọn có sự cân nhắc về khả năng bốc cháy của sản phẩm trong quá trình sử dụng. Nhiệt độ sử dụng tới hạn được cải thiện khi sử dụng các phụ gia chống cháy. Dưới đây là nhiệt độ sử dụng tới hạn của một số vật liệu cách nhiệt phổ biến, tính bằng °C.

Bảng 2.2. Nhiệt độ sử dụng tới hạn của một số loại vật liệu cách nhiệt

Vật liệu cách nhiệt	Nhiệt độ sử dụng tới hạn (°C)
Bông khoáng	600
Sản phẩm bông khoáng	60 - 80
Bông thuỷ tinh	450
Thuỷ tinh tổ ong	400
Sợi gốm	1100 - 1300
Peclit phồng nở và vemiculit phồng	900
Bê tông tổ ong	400 - 700
Vật liệu trepel nung	900
Vật liệu chứa amiăng	600
Chất dẻo cách nhiệt	60 - 180

2.1.5. Độ rỗng

Độ rỗng của vật liệu là tỷ lệ phần trăm pha khí có trong khối tích của vật liệu. Cần phân biệt độ rỗng toàn phần, độ rỗng kín và độ rỗng hở.

$$r_{tp} = r_k + r_h \qquad (2\text{-}8)$$

$$r_{tp} = (1 - d).100 = (1 - \frac{\gamma_o}{\rho_a}).100 \qquad (2\text{-}9)$$

Trong đó:

r_{tp} - độ rỗng toàn phần, %;

r_k - độ rỗng kín, %;

r_h - độ rỗng hở, %;

γ_o - khối lượng thể tích, kg/m^3;

ρ_a - khối lượng thể tích tuyệt đối, kg/m^3.

Độ rỗng toàn phần của vật liệu cách nhiệt dạng hạt rời có thể được xác định theo công thức sau:

$$r_{tp} = r_1 + r_2 \tag{2-10}$$

Trong đó:

r_1 - độ rỗng giữa các hạt, %;

r_2 - độ rỗng trong hạt, %.

Khi đó:

$$r_1 = (1 - \frac{\gamma_o}{\rho_o}).100 \tag{2-11}$$

$$r_2 = (1 - \frac{\rho_o}{\rho_a}).100 \tag{2-12}$$

Trong đó:

γ_o - khối lượng thể tích đổ đống, kg/m^3;

ρ_o - khối lượng thể tích của hạt vật liệu, kg/m^3;

ρ_a - khối lượng riêng của hạt vật liệu, kg/m^3.

Độ rỗng hở của vật liệu bao gồm các lỗ rỗng thấm nước. Do vậy có thể xác định độ rỗng hở bằng phương pháp xác định độ hút nước bão hoà.

Độ rỗng toàn phần của vật liệu cách nhiệt phụ thuộc vào tỷ lệ thành phần pha rắn. Thành phần này đóng vai trò quyết định đến tính chất cơ lý và tính chất sử dụng của vật liệu cách nhiệt. Do đó khi tăng độ rỗng toàn phần của vật liệu cách nhiệt sẽ làm giảm cường độ cơ học và làm tăng biến dạng.

Đối với vật liệu cách nhiệt cần phân biệt độ rỗng vi mô và độ rỗng vĩ mô. Chỉ có các lỗ rỗng vĩ mô, tức các lỗ rỗng quan sát được bằng mắt thường, mới có ảnh hưởng lớn đến tính chất nhiệt lý của vật liệu cách nhiệt. Hàm lượng pha rắn hợp lý thường phụ thuộc vào cường độ và đặc điểm phân bố

của vật liệu nền. Khi cường độ của vật liệu nền và khả năng liên kết giữa các phần tử của chúng càng cao thì khả năng tạo ra độ rỗng toàn phần càng lớn.

Kích thước lỗ rỗng trong vật liệu cách nhiệt dao động trong khoảng rộng: đối với thuỷ tinh tổ ong từ 3 - 8mm; chất dẻo cách nhiệt là 10 - 15μm.

Giá trị độ rỗng của vật liệu cách nhiệt có cấu trúc khác nhau được nêu trong bảng 2.3.

Bảng 2.3. Độ rỗng của một số loại vật liệu cách nhiệt

Cấu trúc	Vật liệu	Độ rỗng, %		
		Độ rỗng toàn phần	Độ rỗng hở	Độ rỗng kín
Tổ ong	Bê tông tổ ong	85 - 90	40 - 45	40 - 45
	Thuỷ tinh bọt	85 - 90	2 - 5	83 - 85
	Chất dẻo cách nhiệt	92 - 99	1 - 55	45 - 98
Sợi	Bông khoáng	85 - 92	85 - 92	0
Hạt	Vật liệu cách nhiệt peclit	85 - 88	60 - 65	22 - 25
	Thuỷ tinh hạt rỗng	92 - 99	60 - 65	30 - 35

Kích thước và hình dạng của các lỗ rỗng có ảnh hưởng lớn đến tính chất nhiệt lý cũng như tính chất cơ lý của vật liệu cách nhiệt. Có thể tối ưu hoá cấu trúc của vật liệu cách nhiệt thông qua các biện pháp công nghệ thích hợp. Cụ thể với vật liệu cấu trúc tổ ong có thể thay đổi đường kính trung bình của lỗ rỗng, tính chất kín hay hở và chiều dày vách lỗ rỗng. Đối với vật liệu cấu trúc sợi, có thể điều chỉnh chiều dài và đường kính trung bình của sợi. Còn trong vật liệu cách nhiệt dạng hạt, có thể thay đổi kiểu dạng, kích thước hạt cũng như lựa chọn thành phần hạt hợp lý.

2.1.6. Khối lượng thể tích

Khối lượng thể tích của vật liệu, γ_o đo bằng kg/m^3, ở trạng thái khô được xác định theo công thức sau:

$$\gamma_o^{(kh)} = \frac{m_k}{V_k} \qquad (2\text{-}13)$$

Khi bị ẩm khối lượng thể tích của vật liệu được xác định theo công thức:

$$\gamma_o^{(a)} = \frac{m_{(a)}}{v_k(1 + 0{,}01W_v)} \qquad (2\text{-}14)$$

Trong đó:

m_k - khối lượng ở trạng thái khô, kg;

$m_{(a)}$ - khối lượng ở trạng thái ẩm, kg;

v_k - thể tích ở trạng thái khô, m^3;

W_v - độ ẩm thể tích, %.

Đối với vật liệu cách nhiệt có độ đặc thấp (độ rỗng cao) như các sản phẩm thảm, đệm, tấm từ vật liệu sợi hoặc dạng sợi, hạt rời rạc, khối lượng thể tích γ_o được xác định dưới tải trọng 0,02MPa (≈ 0,2kg/cm^2).

Khối lượng thể tích của vật liệu xốp rời khi xác định có kể đến thể tích lỗ hổng giữa các hạt. Vì vậy khối lượng thể tích của vật liệu dạng này còn được gọi là khối lượng thể tích xốp hay khối lượng thể tích đổ đống. Để xác định khối lượng thể tích đổ đống, vật liệu được rót qua phễu có đáy cách mặt trên của ống đong hình trụ thể tích 1 lít là 10cm.

Trên thực tế, khối lượng thể tích γ_o được xác định dễ dàng hơn so với độ rỗng r. Do vậy để so sánh khả năng cách nhiệt của các sản phẩm chế tạo từ một loại vật liệu, thường so sánh khối lượng thể tích của chúng.

Đối với vật liệu cách nhiệt, khối lượng thể tích giữ vai trò quan trọng. Người ta thường dựa vào giá trị này để định mác cho sản phẩm. Theo đó, vật liệu cách nhiệt được phân thành loại đặc biệt nhẹ (γ_o = 5 - 75kg/m^3), loại nhẹ (γ_o = 100 - 350kg/m^3) và nặng (γ_o = 400 - 600kg/m^3).

2.2. CÁC TÍNH CHẤT CƠ LÝ CỦA VẬT LIỆU CÁCH NHIỆT

Tính chất cơ lý của vật liệu cách nhiệt ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả của chúng trong quá trình sử dụng.

2.2.1. Cường độ

Cường độ của vật liệu là khả năng của chúng chịu được các ứng suất (nén, kéo, uốn) đạt đến giá trị nhất định mà không bị phá hoại. Cần phân biệt cường độ nén, cường độ kéo và cường độ uốn (hay môđun giựt đứt). Trong một số tài liệu cường độ còn được gọi là giới hạn bền.

Tuỳ thuộc vào cấu trúc và hình dạng của sản phẩm có thể áp dụng chỉ tiêu cường độ thích hợp. Ví dụ vật liệu cách nhiệt có cấu trúc tổ ong dạng khối, blốc thường sử dụng cường độ nén; vật liệu cấu trúc dạng sợi, dạng tấm sử dụng cường độ uốn và vật liệu dạng băng, chão, sợi thừng dùng cường độ kéo.

Giá trị cường độ cơ học của một số loại vật liệu cách nhiệt phổ biến được nêu trong bảng 2.4.

Bảng 2.4. Cường độ cơ học của một số loại vật liệu cách nhiệt

Loại vật liệu cách nhiệt	Khối lượng thể tích γ_o, kg/m^3	Cường độ, MPa	
		Nén	Uốn
Bê tông tổ ong	350	0,6	-
Thuỷ tinh bọt	200	1	0,7
Tấm bông khoáng với chất kết dính nhựa tổng hợp	200	-	0,1
Vật liệu chứa amiăng	350	-	0,17 - 0,3
Sản phẩm peclit với chất kết dính:			
- Ximăng	300	-	0,15
- Bitum	300	0,8	0,25
Sản phẩm gốm cách nhiệt	400	0,8	-
Tấm sợi gỗ	300	-	0,12
Fibrôlit	400	-	0,7
Chất dẻo cách nhiệt	25	0,07	0,1
	50	0,1	0,1
	100	0,2 - 0,4	-

Cường độ hay giới hạn bền của vật liệu cách nhiệt phụ thuộc trước hết vào cường độ, tỷ lệ thành phần pha rắn và tính chất các lỗ rỗng. Có thể cải thiện cường độ của vật liệu cách nhiệt thông qua quá trình tối ưu hoá các thông số công nghệ. Đối với vật liệu có cấu trúc tổ ong, sự phân bố đồng đều các lỗ rỗng, đường kính trung bình của lỗ rỗng cũng như trạng thái bề mặt bên trong các lỗ rỗng có ảnh hưởng quyết định đến cường độ của vật liệu.

Với vật liệu có cấu trúc sợi (rỗng mao quản), cường độ nén và uốn có thể được cải thiện khi tăng hàm lượng và khả năng phân tán của chất kết dính trong vật liệu. Việc sử dụng chất kết dính có cường độ cao, tăng khả năng

bám dính giữa chất kết dính với sợi, sự xắp xếp có định hướng hay việc tạo ra mạng không gian hợp lý giữa các sợi.

Cường độ của vật liệu có cấu trúc hạt, trước hết, phụ thuộc vào cường độ của từng hạt riêng lẻ. Đối với các loại vật liệu hiệu quả cao (như hạt thuỷ tinh, peclit phồng, vemiculit phồng) cường độ hạt rất bé, khi bị nén các hạt sẽ biến dạng và xảy ra sự xắp xếp lại vị trí trong không gian. Do vậy chỉ tiêu về cường độ nén trên thực tế đối với loại vật liệu không kết khối này ít có ý nghĩa thực tế.

2.2.2. Độ ẩm

Độ ẩm là chỉ tiêu kỹ thuật đánh giá sự có mặt của nước trong vật liệu ở các mức độ khác nhau. Cần phân biệt hai loại: độ ẩm khối lượng và độ ẩm thể tích. Trong độ ẩm khối lượng lại phân thành độ ẩm tương đối và độ ẩm tuyệt đối. Độ ẩm của vật liệu được xác định theo các công thức sau:

$$W_o = \frac{m_u - m_k}{m_u} \cdot 100$$

$$W_a = \frac{m_u - m_k}{m_k} \cdot 100$$

$$W_v = \frac{m_u - m_k}{v} \cdot 100$$

Trong đó:

W_o, W_a, W_v - lần lượt là độ ẩm tương đối, tuyệt đối và thể tích, %;

m_u - khối lượng mẫu ướt, kg;

m_k - khối lượng mẫu khô, kg;

v - thể tích mẫu khô, m^3.

Tương quan giữa độ ẩm khối lượng và độ ẩm thể tích được biểu thị bằng công thức sau:

$$W_p = 1000 \cdot \frac{W_v}{\rho}$$

Trong đó:

W_p, W_v - lần lượt là độ ẩm khối lượng và độ ẩm thể tích, %;

ρ - khối lượng thể tích tuyệt đối của vật liệu, kg/m^3.

Khi bị làm ẩm cường độ cơ học của vật liệu giảm, đồng thời khả năng chịu băng giá, độ bền sinh học, v.v... cũng suy giảm. Khả năng của vật liệu hút ẩm từ không khí gọi là tính hút ẩm; độ ẩm có được khi đó được gọi là độ ẩm hấp phụ hay độ ẩm cân bằng. Độ ẩm hấp phụ của các vật liệu cách nhiệt khác nhau được xác định trong môi trường có độ ẩm tương đối khác nhau (32, 54, 75, 95 và 98%).

Độ ẩm hấp phụ của vật liệu được hạn chế bằng cách giảm khối lượng các lỗ rỗng vi mô, vì khi độ ẩm môi trường lớn hơn 50% thường xảy ra hiện tượng ngưng tụ trong các lỗ rỗng này. Ngoài ra có thể áp dụng phương pháp bảo vệ bề mặt vật liệu bằng các lớp vật liệu phủ hoặc trát vữa.

2.2.3. Độ hút nước

Độ hút nước là khả năng của vật liệu cách nhiệt hút nước và giữ nước. Độ hút nước của vật liệu cách nhiệt được tiến hành xác định trên mẫu có kích thước 100×100mm, với chiều dài bằng chiều dày của cấu kiện, sau khi ngâm trong nước 24 giờ. Cần phân biệt độ hút nước theo khối lượng và theo thể tích.

Độ hút nước thể tích của mẫu nhỏ hơn độ rỗng toàn phần vì các lỗ rỗng kín không cho nước thấm qua

Độ hút nước của vật liệu có cấu trúc tổ ong với lỗ rỗng kín (thuỷ tinh bọt, một số loại chất dẻo cách nhiệt) nằm trong khoảng 2 - 15% ÷ 80 - 120%; vật liệu có lỗ rỗng hở là 30 - 40% ÷ 350 - 400% (peclit và các vật liệu khác). Đối với vật liệu cấu trúc sợi, độ hút nước rất lớn đạt 80 - 85% ÷ 400 - 650%.

Khi bão hoà nước, cường độ của vật liệu cách nhiệt giảm. Mức độ suy giảm cường độ được đánh giá bằng chỉ tiêu hệ số mềm, $K_{mềm}$.

$$K_{mềm} = R_h/R_k \qquad (2\text{-}18)$$

Trong đó:

R_h - cường độ mẫu bão hoà nước;

R_k - cường độ mẫu ở trạng thái khô.

Trong nhiều trường hợp khi bị bão hoà nước, vật liệu sẽ trương nở và thay đổi cấu trúc (như tấm sợi gỗ) hoặc co ngót (như sản phẩm bông khoáng) làm giảm đột ngột khả năng cách nhiệt của chúng. Do vậy khi lựa chọn loại vật liệu cách nhiệt cần tính đến khả năng thay đổi cấu trúc và tăng tính dẫn nhiệt trong điều kiện bị làm ẩm.

Ngoài ra còn có khái niệm độ hút nước mao dẫn. Đó là khả năng của vật liệu bị làm ẩm khi một trong các mặt của nó tiếp xúc với nước. Trong thực tế tốc độ bốc ẩm và mức độ bị làm ẩm trong quá trình sử dụng phụ thuộc nhiều vào độ hút nước mao dẫn. Để xác định độ hút nước mao dẫn có thể sử dụng mẫu có kích thước 40×40×160 hoặc 50×50×100mm, các mặt cạnh được phủ một lớp vật liệu ngăn nước, một đầu được nhúng ngập trong nước 30mm

2.2.4. Độ bền chống băng giá

Độ bền chống băng giá là khả năng của vật liệu ở trạng thái bão hoà nước chịu được một số lượng chu kỳ đóng và tan băng nhất định. Độ bền chống băng giá của vật liệu cách nhiệt cũng được xác định theo phương pháp giống như các vật liệu khác. Số lượng chu kỳ đóng và tan băng luân phiên của vật liệu cách nhiệt được quy định trong các tiêu chuẩn và quy phạm tương ứng.

2.2.5. Độ bền nhiệt

Độ bền nhiệt là khả năng của vật liệu chịu được một số lượng chu kỳ đốt nóng và làm nguội tức thời nhất định mà không bị phá hoại. Chế độ nhiệt thay đổi tức thời như vậy có thể xảy ra với các thiết bị công nghệ trong quá trình hoạt động. Độ bền nhiệt phụ thuộc vào tính chất lỗ rỗng, thành phần hoá, thành phần khoáng cũng như đặc trưng của vật liệu kết khối, hình dạng sản phẩm, cường độ và tần suất thay đổi nhiệt độ. Sự phá hoại xảy ra do ứng xuất nhiệt, độ dãn nở vì nhiệt khác nhau của các thành phần cấu thành vật liệu cũng như sự chuyển biến thù hình của các chất khoáng và rất nhiều yếu tố khác. Độ bền nhiệt của vật liệu cách nhiệt có thể được tăng cường khi tăng độ đồng nhất bằng cách lựa chọn các thành phần có hệ số dãn dài vì nhiệt giống nhau cùng nhiều biện pháp công nghệ khác.

2.2.6. Độ chịu lửa

Độ chịu lửa là khả năng của vật liệu chịu được tác động lâu dài của nhiệt độ cao mà không xuất hiện biến dạng gây phá hoại. Đây là tính chất quan trọng đối với vật liệu chịu lửa nhẹ và vật liệu cách nhiệt nhiệt độ cao. cấu trúc sợi như sợi cao lanh, gốm chịu lửa nhẹ, v.v...

2.2.7. Tính chống cháy

Tính chống cháy của vật liệu là khả năng chịu được tác động của nhiệt độ cao và tác động trực tiếp của ngọn lửa mà không bị phá hoại.

Dựa theo khả năng chống cháy, vật liệu được phân thành ba nhóm: vật liệu không cháy, vật liêu khó cháy và vật liệu cháy.

Tính chống cháy của vật liệu được xác định theo hai phương pháp sau:

- Phương pháp ống lửa: mẫu có kích thước 150×35×10mm, được đốt trực tiếp bằng ngọn lửa đèn xì trong 2 phút. Vật liệu không cháy là vật liệu khi cháy âm ỉ, mất khối lượng nhỏ hơn 10%. Vật liệu cháy là vật liệu tự bốc cháy hay cháy âm ỉ lâu quá 1 phút, mất khối lượng lớn hơn 20%.

- Phương pháp Calorimet: để phân biệt vật liệu không cháy và vật liệu khó cháy. Theo phương pháp này, mẫu được đưa vào buồng kín với một đầu cho không khí vào còn đầu kia hút khí thải do quá trình cháy tạo ra. Buồng được trang bị thiết bị đốt bằng điện hay bằng đèn xì. Đây là phương pháp phức tạp nhưng cho kết quả chính xác.

Vật liệu không cháy bao gồm vật liệu chứa bông khoáng, bê tông tổ ong, gốm cách nhiệt, peclit và vemiculit phồng có chất kết dính ceramic. Vật liệu cháy bao gồm sản phẩm có chứa thành phần dễ cháy (tấm sợi gỗ, tấm than bùn, một số vật liệu từ chất dẻo).

Tính chống cháy của vật liệu được tăng cường bằng phương pháp khoáng hoá vật liệu ban đầu hoặc tẩm vật liệu bằng các phụ gia chống cháy. Để khoáng hoá vật liệu ban đầu thường sử dụng cao lanh, amiăng, thạch cao, sét nhôm và các phụ gia khoáng nghiền mịn có khả năng làm tăng nhiệt dung riêng và nhiệt độ tự bốc cháy, đồng thời cản trở sự lan truyền của ngọn lửa. Phụ gia chống cháy hoạt động dựa trên cơ sở nóng chảy các chất dễ chảy khi bị đốt nóng (ví dụ muối của axít Bo, axít phốtphoric và axít silisic) hoặc phân huỷ thải ra chất khí không có tác dụng duy trì sự cháy (ví dụ khí amôniăc, khí cacbonic, v.v...).

Lớp bảo vệ sản phẩm được xử lý bằng các chất không cháy, đó là dùng sơn silicat. Các chất này không cháy có nhiệt dung riêng lớn cho phép tăng độ chịu lửa của sản phẩm.

2.2.8. Các tính chất âm học của vật liệu

Một số loại vật liệu có độ rỗng lớn, thường là lỗ rỗng hở, được dùng cho mục đích cách âm, tức làm giảm tiếng ồn khi sóng âm truyền qua vách ngăn. Trong vật liệu, tốc độ truyền sóng âm tỷ lệ với độ đặc của vật liệu.

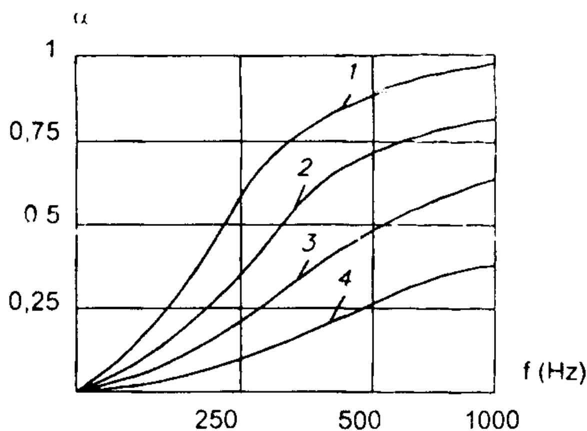
Trên thực tế có thể sử dụng hệ số hút âm (α) để đánh giá khả năng cách âm, hút âm của vật liệu:

$$\alpha = \frac{E_{bx} - E_{px}}{E_{bx}} = \frac{E_{hp}}{E_{bx}} \qquad (2\text{-}19)$$

Trong đó:

E_{bx}, E_{px}, và E_{hp} tương ứng là năng lượng âm bức xạ, phản xạ và hấp phụ.

Hệ số hút âm chịu ảnh hưởng chủ yếu bởi tần số của sóng âm, được đánh giá bằng biểu đồ thể hiện sự phụ thuộc của hệ số hút âm vào tần số Tần số được sử dụng là 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 và 8000Hz. Đối với vật liệu hút âm cấu trúc rỗng, khi tần số âm tăng thì hệ số hút âm cũng tăng (xem hình 2.3). Hiện tượng âm thanh bị tắt có liên quan trực tiếp đến sự chuyển biến năng lượng dao động của khối tích không khí thành năng lượng nhiệt do ma sát với thành lỗ rỗng. Với vật liệu có cấu trúc rỗng tơ, hiện tượng này xảy ra với tần suất cao, có tác dụng làm giảm năng lượng âm bức xạ, cho hiệu quả hút âm cao.



Hình 2.3: Ảnh hưởng của tần số sóng âm đến hệ số hút âm của vật liệu cấu trúc sợi có độ rỗng: 1 - 95%, 2 - 50%, 3 - 25% và 4 - 15%.

Hệ số hút âm phụ thuộc vào tần số dao động âm. Giá trị hệ số hút âm của một số vật liệu cách âm được nêu trong bảng 2.4.

Bảng 2.4. Hệ số hút âm của một số vật liệu cách âm

Vật liệu cách âm	Hệ số hút âm ứng với tần số dao động âm, f(Hz)				
	125	500	1000	2000	4000
Tấm bông khoáng	0,05	0,66	0,91	0,96	0,89
Tấm bê tông tổ ong	0,08	0,36	0,62	0,77	0,76
Fibrôlit cách âm	0,06	0,25	0,38	0,58	0.63

Chương III

CÁC PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO VẬT LIỆU CÓ CẤU TRÚC RỖNG LỚN

3.1. PHÂN LOẠI CÁC PHƯƠNG PHÁP TẠO RỖNG CHO VẬT LIỆU CÁCH NHIỆT

Nhiệm vụ công nghệ chủ yếu trong sản xuất vật liệu cách nhiệt là tạo ra cấu trúc rỗng lớn với các lỗ rỗng có đặc trưng mong muốn. Có nhiều phương pháp tạo cho vật liệu có cấu trúc rỗng khác nhau. Tuy vậy có thể phân các phương pháp tạo rỗng thành sáu nhóm chủ yếu sau:

3.1.1. Phương pháp phồng nở

Thực chất của phương pháp này là chất khí thải ra (hoặc chủ ý đưa vào) trong khối vật liệu ở trạng thái nhớt dẻo có tác dụng làm rỗng xốp. Pha khí thường là hidrô, ôxy, khí cacbonic, freon, isôpentan, v.v... hoặc hơi nước, không khí.

Trong quá trình phồng nở cấu trúc rỗng tổ ong được hình thành. Độ rỗng toàn phần của vật liệu phụ thuộc vào khối lượng pha khí được tạo ra cũng như khả năng giữ khí của khối vật liệu. Trong giai đoạn này đặc trưng lưu biến của khối vật liệu ở trạng thái nhớt - dẻo có ảnh hưởng quyết định đến khả năng giữ pha khí lại trong vật liệu.

Trong quá trình phồng nở của một số vật liệu xảy ra ở điều kiện nhiệt độ cao như vemiculit dưới tác dụng của hơi nước không diễn ra sự chuyển biến trạng thái của vật liệu ban đầu sang trạng thái nhớt dẻo, nhưng về bản chất sự hình thành cấu trúc rỗng trong trường hợp này vẫn được xếp vào nhóm vật liệu tạo rỗng bằng phương pháp phồng nở. Phương pháp phồng nở bao gồm các phương pháp tạo cấu trúc rỗng như: tạo khí ở điều kiện nhiệt độ thấp, tạo khí ở điều kiện nhiệt độ cao, tạo bọt và cuốn khí.

3.1.2. Phương pháp tách chất tạo rỗng

Theo phương pháp này, độ rỗng được tạo ra bởi không gian do chất tạo rỗng chiếm chỗ để lại sau khi chúng bị tách ra khỏi khối vật liệu. Quá trình

này không đi kèm sự phồng nở khối vật liệu. Độ rỗng của vật liệu, được tạo ra theo phương pháp này, đạt được xấp xỉ bằng thể tích của chất tạo rỗng bị tách ra khỏi chúng.

Chất tạo rỗng thường bị bay hơi hoặc cháy ở điều kiện nhiệt độ trung bình hoặc nhiệt độ cao. Chất tạo rỗng có thể là nước, chất lỏng dễ bay hơi hay phụ gia cháy. Khi sử dụng phụ gia cháy thường tạo ra cấu trúc rỗng tổ ong, còn trong trường hợp chất lỏng bay hơi thường tạo ra cấu trúc rỗng mao quản.

3.1.3. Phương pháp sắp xếp không chặt chẽ

Đây là phương pháp tạo rỗng phổ biến đối với vật liệu có cấu trúc sợi, hoặc hạt. Trong vật liệu cấu trúc sợi, độ rỗng được tạo ra bởi không gian giữa các sợi sắp xếp không theo một trật tự nhất định, các sợi chồng chéo đan bện nhau. Độ ổn định của cấu trúc rỗng nhờ lực ma sát và lực bám dính giữa các sợi. Độ rỗng của vật liệu cấu trúc sợi phụ thuộc vào kích thước hình học, trước hết là đường kính của sợi, độ đàn hồi và các tính chất bề mặt của chúng tức khả năng bám dính giữa các sợi.

Đối với vật liệu cấu trúc dạng hạt, độ rỗng chủ yếu được tạo ra bởi độ hổng giữa các hạt. Độ hổng của vật liệu phụ thuộc vào hình dạng hạt, thành phần cấp hạt. Vật liệu cách nhiệt dạng này thường được sử dụng ở trạng thái đổ đống, mối liên kết cơ học giữa các hạt rất yếu.

Sự xắp xếp không chặt chẽ của thành phần dạng sợi hoặc hạt được tạo ra trong quá trình phớt hoá hay phân tán cơ học bằng cách nghiền, sàng phân loại các hạt vật liệu theo từng cấp.

3.1.4. Phương pháp kết khối tiếp xúc

Cấu trúc rỗng của vật liệu được tạo ra theo phương pháp kết khối các hạt hoặc sợi rời rạc tại các điểm tiếp xúc bằng lớp chất kết dính mỏng. Màng chất kết dính mỏng, đóng vai trò như một khung cứng, được tạo ra khi đưa vào hỗn hợp vật liệu một lượng chất kết dính có độ nhớt thấp, phân bố đồng đều thành lớp mỏng trên bề mặt các hạt hoặc sợi tiếp xúc với nhau. Chất kết dính thường dùng là pôlime, hồ ximăng, hồ đất sét, thuỷ tinh lỏng, tinh bột, v.v...

Độ rỗng của vật liệu được tạo ra theo phương pháp này thường phụ thuộc vào loại vật liệu tạo khung. Khi sử dụng vật liệu dạng sợi để tạo khung thì độ rỗng của vật liệu có cấu trúc dạng sợi, còn khi sử dụng vật liệu dạng hạt thì tạo ra cấu trúc rỗng dạng hạt.

3.1.5. Phương pháp kết khối thể tích

Ở phương pháp này các hạt hay sợi vật liệu được liên kết thành khối bởi chất kết dính có hàm lượng đủ lớn để chiếm toàn bộ không gian bao quanh hạt, sợi vật liệu và tại các điểm tiếp xúc.

Phương pháp kết khối đặc được ứng dụng trong sản xuất vật liệu cách nhiệt từ các hạt có độ rỗng xốp lớn như peclit, vemiculit hoặc vật liệu dạng sợi như amiăng tơi xốp. Chất kết dính có thể là pôlime, hoặc chất kết dính vô cơ. Phần chất kết dính chiếm chỗ cũng có thể có cấu trúc đặc hoặc được tạo rỗng. Ví dụ trong sản xuất bê tông keramzit, phần vữa có thể được tạo rỗng bằng bọt kỹ thuật giúp làm tăng độ rỗng và do vậy cho phép giảm độ đặc, tăng khả năng cách nhiệt của vật liệu.

3.1.6. Phương pháp tạo cấu trúc hỗn hợp

Có thể cùng lúc sử dụng hai hoặc nhiều phương pháp tạo rỗng khác nhau để chế tạo vật liệu cách nhiệt. Mục đích của việc kết hợp các phương pháp tạo rỗng khác nhau trong cùng một loại vật liệu nhằm tăng độ rỗng toàn phần của chúng.

3.2. CƠ SỞ HOÁ LÝ CỦA VIỆC TẠO CẤU TRÚC RỖNG LỚN CHO VẬT LIỆU CÁCH NHIỆT

3.2.1. Phương pháp phồng nở

Phương pháp phồng nở tuy mới được sử dụng trong công nghệ vật liệu cách nhiệt, song đã chế tạo được nhiều loại vật liệu như bê tông tổ ong, thuỷ tinh tổ ong, ceramic cách nhiệt, peclit và vemiculit phồng nở, chất dẻo cách nhiệt và nhiều loại vật liệu cách nhiệt khác. Phương pháp này bao gồm một số dạng như: phương pháp tạo khí, phương pháp tạo bọt và cuốn khí, phương pháp cuốn khí và phương pháp khoáng hoá khô bọt kỹ thuật.

a) Phương pháp tạo khí

Thực chất của phương pháp này là chất khí sinh ra trong khối tích của vật liệu ở trạng thái nhớt - dẻo, cả ở nhiệt độ thường và nhiệt độ cao, có tác dụng phồng nở tạo ra cấu trúc rỗng. Cần phân biệt phương pháp tạo khí theo cơ chế hoá học, theo loại chất tạo khí, theo nhiệt độ sinh khí cũng như đặc điểm phồng nở của khối vật liệu.

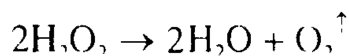
- Theo cơ chế hoá học: bao gồm quá trình phồng nở do sự phân hủy chất tạo khí không có tương tác với các thành phần cấu thành vật liệu (khi sử dụng chất tạo khí perôxit hiđrô, các chất tạo khí hữu cơ) và quá trình tạo khí do tương tác giữa chất tạo khí với một trong những thành phần của vật liệu (khi sử dụng chất tạo khí bột nhôm, chất tạo khí có nguồn gốc cacbonat, chất tạo khí axít).

- Theo loại chất tạo khí: có thể phân biệt quá trình tạo khí do chất tạo khí được đưa vào hỗn hợp như bột nhôm, perôxit hiđrô, chất khí và chất lỏng bay hơi ở nhiệt độ thấp. Trong một số trường hợp chất tạo khí lại chính là nước liên kết, tức là một trong những thành phần cấu thành của vật liệu.

Quá trình tạo khí của chất tạo khí có thể xảy ra ở điều kiện nhiệt độ thường, nhỏ hơn 100°C; điều kiện nhiệt độ trung bình, từ 200 - 400°C và điều kiện nhiệt độ cao, lớn hơn 800°C.

Một trong những chất tạo khí được sử dụng sớm nhất trong công nghệ vật liệu cách nhiệt phải kể đến xôđa nung, Na_2CO_3. Để tạo điều kiện cho quá trình thải khí có thể diễn ra bình thường cần sử dụng axít (HCl, H_2SO_4). Xôđa được phân bố đều trong hỗn hợp tác dụng với axít tạo ra khí cacbonic (CO_2) làm cho hỗn hợp được phồng nở. Phương pháp này có thể sử dụng để sản xuất thạch cao khí, tuy nhiên độ rỗng tạo ra theo phương pháp này không lớn. Nếu tăng lượng dùng xôđa và axít đều gây ảnh hưởng xấu đến vật liệu, do đó phương pháp này ít được sử dụng.

Sau đó không lâu, perôxit hiđrô bắt đầu được sử dụng dưới dạng dung dịch có nồng độ 30%. Trong không khí, perôxit hiđrô phân huỷ thải ra ôxy:

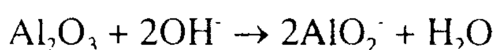


$$2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2\uparrow$$

Cứ 1kg dung dịch H_2O_2 tạo ra 133 lít O_2. Do đó để tạo ra cấu trúc rỗng (độ rỗng 80 - 85%) phải sử dụng khoảng 8 - 9kg dung dịch H_2O_2, kể cả hao hụt, cho $1m^3$ bê tông. Nhược điểm của chất tạo khí H_2O_2 là phải dùng với lượng lớn và điều kiện đảm bảo an toàn trong sử dụng tương đối phức tạp làm hạn chế việc ứng dụng rộng rãi.

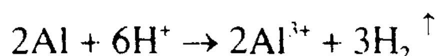
Chất tạo khí hiệu quả cao cần đáp ứng các yêu cầu sau: quá trình thải khí phải diễn ra đồng đều; chất khí thải ra không độc hại và không gây ăn mòn vật liệu; có khả năng tạo ra một khối lượng khí lớn; cho phép kết hợp khoảng nhiệt độ thải khí tối đa với nhiệt độ mềm hoá vật liệu còn đang phồng nở; ổn định trong vận chuyển và bảo quản; dễ kiếm và giá thành thấp.

Chất tạo khí nhiệt độ thấp phổ biến hiện nay là bột nhôm. Đó là một loại bột mịn cánh mỏng với đường kính trung bình gần 20 - 50μm và dày 1 - 3μm. Các hạt nhôm được bao bọc bởi lớp stearin tạo cho bột nhôm tính kỵ nước, do đó nó có khả năng chảy và dàn mỏng tốt. Bột nhôm thường được dùng trong công nghiệp sản xuất sơn. Khi sử dụng bột nhôm loại này cần nung trong lò điện ở nhiệt độ 200°C để đốt cháy lớp bao bọc. Ngay trong khi nghiền, bột nhôm có thể bị ôxy hoá ít nhiều. Khi tiếp xúc với kiềm mạnh hoặc axit nồng độ vừa phải, màng ôxy hoá trên bề mặt hạt nhôm bị hoà tan:



$$Al_2O_3 + 2OH^- \rightarrow 2AlO_2^- + H_2O$$

Bề mặt hạt nhôm, khi đã làm lộ nhôm, tan vào dung dịch dưới dạng ion Al^{3+} và cùng lúc thải ra khí hiđrô:



$$2Al + 6H^+ \rightarrow 2Al^{3+} + 3H_2\uparrow$$

Như vậy cứ 1 gam Al thải ra 1250cm^3 khí hiđrô và nhiệt độ thích hợp của quá trình thải khí xấp xỉ 50°C, khi đó sản lượng chất khí thải ra là 1500cm^3. Bột nhôm được sử dụng rộng rãi trong sản xuất bê tông tổ ong và nhiều loại chất dẻo cách nhiệt khác.

Để phồng nở các hợp chất cao phân tử thường sử dụng chất tạo khí dạng lỏng, bay hơi ở nhiệt độ thấp như các hiđrôcacbon có chứa halôgen, rượu, izôpentan, tôluol, benzol, v.v... Khi bị đốt nóng đến nhiệt độ sôi, các chất lỏng này hoi hơi và làm phồng nở vật liệu (xem bảng 3.1). Mặc dù khả năng phồng nở các chất tạo khí thuộc nhóm này kém hiệu quả hơn, song khi sử dụng chúng nhất là nhóm chất tạo khí hiđrôcacbon có chứa halôgen, cho phép cải thiện các tính chất nhiệt lý của vật liệu cách nhiệt, đồng thời tạo ra cấu trúc đồng nhất góp phần cải thiện các tính chất cơ lý của vật liệu. Tuy vậy phần lớn các chất tạo khí này là tác nhân làm mỏng tầng ôzôn của khí quyển, do đó cần hạn chế sử dụng để bảo vệ môi trường.

Ngoài ra còn sử dụng các chất tạo khí nhiệt độ trung bình, thải khí trong khoảng nhiệt độ 120 - 160°C. Đó là các hợp chất chứa nitơ R' - N = N - R. Năng suất thải khí, khoảng nhiệt độ phân huỷ và tốc độ thải khí của các chất này phụ thuộc vào áp suất, độ pH và độ ẩm của môi trường. Năng suất tạo khí của chúng dao động trong khoảng 100 - 230cm^3/g. Phần lớn chúng được sử dụng trong công nghệ chất dẻo cách nhiệt.

- Chất tạo khí ở nhiệt độ cao: đó là các chất hữu cơ như than cốc nghiền mịn, than antraxit, v.v... ở điều kiện nhiệt độ cao phân huỷ cho 170 - 250 lít/kg chất khí. Nhiệt độ thải khí của các chất tạo khí dạng này nằm trong khoảng 700 - 900°C. Các chất vô cơ như đá vôi, đá phấn cũng có thể được sử dụng cho mục đích trên. Tất cả các loại chất tạo khí trên khi phân huỷ ở nhiệt độ cao thải ra khí CO_2. Các chất tạo khí loại này thường dùng trong công nghệ chế tạo thuỷ tinh bọt.

Nước dung dịch rắn có trong các loại đá thuỷ tinh núi lửa, hoặc nước hấp phụ hoá học trong thuỷ mica cũng được coi là chất tạo khí nhiệt độ cao. Loại nước này thường hoá hơi ở nhiệt độ 800 - 1000°C, tăng thể tích 600 - 4000 lần. Do đó với một lượng nước có trong các loại đá này từ 0,05 - 0,5%, khi hoá hơi cho phép làm phồng nở vật liệu lên 15 - 40 lần.

Bảng 3.1. Các chất tạo khí dạng lỏng bay hơi ở nhiệt độ thấp

Các chất làm phồng nở	Công thức hoá học	Nhiệt độ sôi, °C	Sử dụng trong chế tạo các loại chất dẻo
Freon - 11	CCl_3F	27,7	Pôlyurêtan, chất dẻo chứa khí dạng nhựa phênol
Mêtylen clorua	CH_3Cl	38	-nt-
Freôn - 113	$C_2Cl_3F_3$	47,6	-nt-
Izôpentan	$CH_2CH(CH_3)CH_2$-CH_3	27,9	Pôlystyrol bọt

b) Phương pháp tạo bọt và cuốn khí

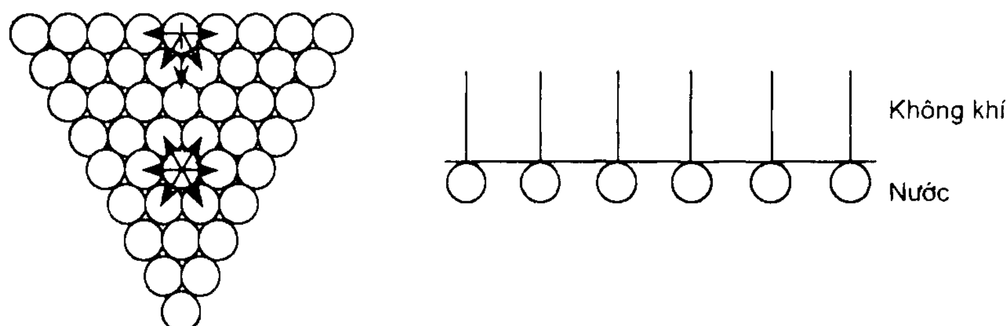
Theo phương pháp này hỗn hợp được tạo rỗng bằng cách trộn lẫn với bọt kỹ thuật đã được chuẩn bị trước hoặc sử dụng phụ gia cuốn khí. Phụ gia cuốn khí là chất hoạt động bề mặt có tác dụng làm cho các bọt khí tồn tại được trong lòng hỗn hợp dưới dạng các bọt nhỏ li ti mà không bị vỡ và đẩy ra ngoài.

Hiện nay một số công nghệ mới ra đời cho phép trộn bột khô nghiền mịn (bột thuỷ tinh) với bọt kỹ thuật.

Chất tạo bọt là các chất hoạt động bề mặt (ΠAB) như chất tạo bọt keo - nhựa thông; huyết thuỷ phân; các axít sunfo dầu lửa (alumôsunfonaphtalen).

Khi cho chất hoạt động bề mặt vào nước, sức căng bề mặt của nước giảm từ 72,75N/m xuống còn 50 - 60N/m. Các chất hoạt động bề mặt thường là các

chất có cấu tạo phân tử phân cực, không đối xứng có các mạch hiđrôcacbon $(-CH_2-)_n$ và đầu phân cực gồm nhóm -OH; -COOH; $-NH_2$; $-SO_3^-$. Có thể giải thích cơ chế giảm sức căng bề mặt của nước qua sơ đồ sau:



Lực hấp dẫn phân tử giữa các phân tử chất khí với nước nhỏ, do đó các phân tử nước ở trạng thái không cân bằng dường như bị kéo vào lòng chất lỏng tạo nên trạng thái chặt xít, được đặc trưng bởi một dạng năng lượng gọi là sức căng bề mặt.

Sự có mặt của các phân tử chất hoạt động bề mặt được phân bố một cách trật tự trên bề mặt phân pha làm trung hoà sức căng bề mặt. Lúc đó bọt khí được bao bọc bởi màng chất lỏng có sức căng bề mặt nhỏ sẽ không bị vỡ và tồn tại được trong hỗn hợp.

Bọt kỹ thuật được đặc trưng bởi độ đàn hồi và tính ổn định của bọt, tức là bọt không bị phá vỡ sau một quãng thời gian nhất định. Độ ổn định của bọt được xác định thông qua việc đo độ sụt của cột bọt sau một quãng thời gian nhất định. Để đánh giá phẩm chất của chất tạo bọt thường sử dụng chỉ tiêu hệ số tạo bọt.

Hệ số tạo bọt (năng suất bọt) được xác định theo công thức sau:

$$k = \frac{V_b}{V_{dd}} \qquad (3\text{-}1)$$

Trong đó:

V_b - thể tích của bọt;

V_{dd} - thể tích của dung dịch chất tạo bọt.

Có thể tăng tính ổn định của bọt bằng cách sử dụng phụ gia ổn định bọt.

Chất tạo bọt cần thoả mãn một số yêu cầu như: khi sử dụng với một hàm lượng không lớn cho phép giảm đột ngột sức căng bề mặt trên bề mặt phân

pha nước - không khí; giữ được độ ổn định bọt trong hỗn hợp chất kết dính hay trong điều kiện sử dụng bột khô để khoáng hoá bọt; không kéo dài thời gian đông kết của chất kết dính và thời gian pôlime hoá; không làm giảm cường độ của sản phẩm làm từ chất kết dính vô cơ hay pôlime. Ngoài ra chất tạo bọt không được phân huỷ trong quá trình vận chuyển và cất giữ, giá thành rẻ, dễ kiếm và không độc hại.

Trong suốt thời gian dài, thường sử dụng chất tạo bọt có nguồn gốc thiên nhiên. Trong đó phải kể đến chất tạo bọt sapônin, là sản phẩm chiết xuất từ thảo mộc có tên gọi là sapônin.

Một loại chất tạo bọt phổ biến khác được chế tạo từ nhựa thông đó là chất tạo bọt keo - xà phòng nhựa thông. Trong đó keo từ da hoặc xương động vật đóng vai trò chất ổn định bọt.

Huyết thuỷ phân cũng có thể sử dụng làm chất tạo bọt. Huyết thuỷ phân được chế tạo từ huyết tươi chưa đông lấy từ các lò mổ và được thuỷ phân bằng dung dịch kiềm, clorua amôn và sunfat sắt ngậm nước.

Việc sử dụng chất tạo bọt từ các sản phẩm thiên nhiên ngày càng bị hạn chế do khan hiếm nguồn nguyên liệu, phức tạp trong quá trình chế tạo, khó sản xuất theo quy mô công nghiệp do kém ổn định và có mùi khó chịu. Các chất tạo bọt này dần bị thay thế bởi các chất hoạt động bề mặt tổng hợp là những sản phẩm của công nghiệp hoá dầu. Đây là những hợp chất thuộc nhóm hoạt tính anion thường được sử dụng trong công nghiệp chất tẩy rửa.

Cấu trúc rỗng tổ ong được tạo ra theo phương pháp tạo bọt và cuốn khí thường chứa một lượng lớn lỗ rỗng kín với bề mặt phẳng, đặc, cấu trúc rỗng phân bố đồng đều, chiều dày thành vách lỗ rỗng tương đối đồng nhất.

Trong sản xuất vật liệu cách nhiệt, phương pháp tạo bọt phổ biến được tiến hành theo ba giai đoạn gồm: chế tạo bọt kỹ thuật có độ ổn định cao từ dung dịch chất hoạt động bề mặt; chuẩn bị hỗn hợp vữa chảy lỏng từ vật liệu khoáng hay vật liệu pôlime là thành phần chủ yếu tạo khung cứng cho vật liệu cách nhiệt; nhào trộn bọt kỹ thuật với vữa tạo ra hỗn hợp xốp có độ rỗng xác định, sau đó được sử dụng để tạo hình sản phẩm.

c) Phương pháp cuốn khí

Theo phương pháp này một lượng không khí được cuốn vào trong quá trình chuẩn bị hỗn hợp tạo hình, trong đó có chứa chất hoạt động bề mặt.

Đây là phương pháp đơn giản chỉ gồm một công đoạn tạo rỗng nhưng cho phép điều chỉnh độ rỗng với độ chính xác cao, tạo ra cấu trúc rỗng ít khuyết tật với cấu trúc vách lỗ rỗng đặc chắc.

Việc ứng dụng phụ gia cuốn khí trong công nghệ bê tông đã có từ lâu, tuy vậy thể tích rỗng tạo ra chỉ giới hạn từ 2 - 5% và tối đa từ 10 - 12%. Để chế tạo vật liệu cách nhiệt, lượng không khí cuốn vào cao gấp 10 - 12 lần. Sự xuất hiện các phụ gia cuốn khí tổng hợp hiệu quả cao cho phép tạo ra độ rỗng như mong muốn.

Trong quá trình cuốn khí đồng thời xảy ra hai quá trình: quá trình cuốn khí vào hỗn hợp và quá trình tách không khí ra khỏi hỗn hợp do khả năng giữ khí kém. Không khí có trong khoảng không sát với bề mặt của khối vữa bị cánh máy trộn kéo vào khối vữa. Tốc độ chuyển động cũng như sự bố trí của cánh trộn, chế độ trộn có ảnh hưởng đáng kể đến quá trình cuốn khí. Sự có mặt của chất hoạt động bề mặt làm giảm sức căng bề mặt của pha lỏng, do đó giảm áp suất gây vỡ có bên trong các bọt khí, góp phần tăng xác suất tồn tại của bọt khí một cách bền vững trong lòng hỗn hợp.

Lượng bọt khí cuốn vào hỗn hợp cũng như tính chất rỗng được tạo ra theo cách này có thể điều chỉnh được bằng việc lựa chọn loại và lượng dùng chất hoạt động bề mặt, việc điều chỉnh đặc trưng lưu biến của hỗn hợp và việc thay đổi điều kiện thuỷ động học của quá trình trộn. Loại chất hoạt động bề mặt có ảnh hưởng quyết định đến quá trình tạo rỗng bằng cuốn khí. Loại chất hoạt động bề mặt được chọn phù hợp với độ pH của hỗn hợp, độ phân tán của các phần tử, giá trị độ rỗng tới hạn và đặc điểm phát triển cường độ của hỗn hợp.

d) Phương pháp khoáng hoá khô bọt kỹ thuật

Phương pháp khoáng hoá khô bọt kỹ thuật bao gồm các bước: chuẩn bị bọt kỹ thuật có độ ổn định tốt, chuẩn bị hỗn hợp phối liệu khô (ví dụ nghiền, nhào trộn chất kết dính vô cơ, thành phần chứa silíc hoặc nghiền thuỷ tinh, v.v...), nhào trộn bọt với bột khoáng, tức là tạo cho các bọt khí vỏ bọc từ vật liệu bột khoáng khô. Công đoạn tạo vỏ bọc khoáng cho bọt khí là công đoạn hết sức quan trọng vì lúc này có thể xảy ra sự phá huỷ bọt. Các hạt khoáng bám dính được vào bề mặt bọt nhờ có lực tương tác giữa bề mặt của pha rắn với nhóm phân cực của chất tạo bọt.

Các chất hoạt động bề mặt có thể tạo cho các hạt rắn tính kỵ nước hoặc tính háo nước. Chất hoạt động bề mặt kỵ nước tạo ra lớp hấp phụ trên bề mặt các hạt. Tại đây các phân tử chất hoạt động bề mặt tự điều chỉnh quay nhóm cacboxyl phân cực về phía bề mặt hạt và chuỗi hiđrôcacbon về phía pha lỏng. Do vậy các phân tử chất rắn có được bề mặt kỵ nước khó thấm ướt nhưng lại dễ được bao bọc bởi các bọt khí.

Trong khi đó màng hấp phụ được tạo ra bởi các chất keo háo nước như chất sapônin, chất gelatin hay chất keo lại làm tăng tính thấm ướt của các hạt chất rắn, do đó làm giảm hiệu quả khoáng hoá và độ ổn định của bọt, bọt dễ bị phá vỡ bởi các hạt chất rắn. Điều này cho thấy tính ổn định của bọt phụ thuộc vào bản chất của chất tạo bọt. Ngoài ra, loại, lượng dùng và độ mịn của bột khoáng cũng có ảnh hưởng đến tính ổn định của bọt đã được khoáng hoá. Bề mặt được bao bọc bởi các hạt rắn càng lớn, độ phân tán của các hạt này càng cao thì bọt càng bền vì các hạt mịn phân bố một cách ổn định trên bề mặt các bọt khí trong khi các hạt thô có xu hướng dịch chuyển.

Phương pháp khoáng hoá khô bọt kỹ thuật ứng dụng có hiệu quả trong sản xuất thuỷ tinh bọt, bê tông tổ ong và chất dẻo chứa khí từ pôlime dạng bột.

3.2.2. Phương pháp tách chất tạo rỗng

Phương pháp tách chất tạo rỗng là một trong những phương pháp được ứng dụng sớm nhất trong sản xuất vật liệu cách nhiệt, bao gồm các dạng chủ yếu như: phương pháp tăng lượng nước nhào trộn, phương pháp phụ gia cháy và phương pháp bay hơi một trong các thành phần của phối liệu.

a) Phương pháp tăng lượng nước nhào trộn

Trong quá trình chuẩn bị, một lượng nước dư thừa lớn được đưa vào phối liệu. Phương pháp này thực hiện được là nhờ khả năng giữ nước của thành phần cấu thành vật liệu. Quá trình hình thành bộ khung có tác dụng cản trở sự co ngót do nước bay hơi làm cho khối vật liệu trở nên rỗng xốp

Lượng nước lớn tồn tại được trong hỗn hợp vật liệu nhờ lực hấp phụ và lực mao dẫn. Chúng thuộc loại các tương tác cơ học yếu giữa nước - vật thể rắn, và nước liên kết cơ học dạng này bắt đầu bay hơi mạnh ở nhiệt độ 70 - 90°C.

Độ rỗng của vật liệu cách nhiệt, được tạo rỗng theo phương pháp này, xác định theo công thức sau:

$$r = \frac{(N + V_{kk}) - (N_{hh} + V_{co})}{1000} \cdot 100 \quad (3\text{-}2)$$

Trong đó:

N - lượng dùng nước;

V_{kk} - thể tích không khí trong sản phẩm sau khi tạo hình;

N_{hh} - nước liên kết hoá học;

V_{co} - độ co thể tích.

Việc lựa chọn thành phần phối liệu sử dụng cho phương pháp này rất quan trọng. Phối liệu phải có khả năng giữ được khối lượng nước lớn mà không gây tách nước và làm phân tầng hỗn hợp do trầm lắng, tạo điều kiện hình thành bộ khung chịu lực với độ co ngót không lớn.

Trên thực tế, việc lựa chọn thành phần phối liệu có khả năng giữ nước tốt cũng chính là lựa chọn loại vật liệu có khả năng hấp phụ tốt, gia công phối liệu bằng cách nghiền mịn tăng diện tích bề mặt hấp phụ. Phương pháp tăng lượng nước nhào trộn thường được sử dụng cho các sản phẩm chế tạo từ amiăng đã làm tơi xốp, đất sét bentônit hạt mịn và vôi. Chất kết dính được sử dụng trong sản xuất vật liệu cách nhiệt theo phương pháp này là các pôlime tan trong nước như tinh bột nồng độ 1,5 - 3%, cacboxylmêtylxenlulô, ôxyêtylxenlulô, v.v... Thành phần tạo bộ khung cứng cho vật liệu có thể là vật liệu dạng sợi hoặc dạng hạt, có tác dụng ngăn cản quá trình co ngót hoặc sử dụng chất kết dính nghiền mịn có khả năng đóng kết nhanh, tạo điều kiện hình thành bộ khung cứng trước khi nước bay hơi. Trong trường hợp thành phần vật liệu không phù hợp sẽ làm tăng co ngót, khó tạo được độ rỗng lớn và làm cho sản phẩm biến dạng.

Phương pháp này được dùng rộng rãi trong sản xuất vật liệu cách nhiệt và cách âm từ vật liệu dạng sợi như: tấm sợi gỗ cách nhiệt với hàm lượng sợi trong khoảng 1 - 2%, còn lại là nước; tấm bông khoáng trang trí cách âm, thành phần rắn chỉ vào khoảng 3 - 6% và đối với sản phẩm tấm bông khoáng cứng, thành phần rắn chiếm khoảng 15%. Độ rỗng được tạo ra do nước bay hơi và sự phớt hoá sợi có tác dụng tạo thành khung sợi.

b) Phương pháp phụ gia cháy tạo rỗng

Phương pháp này thường được sử dụng để chế tạo vật liệu cách nhiệt sử dụng ở nhiệt độ cao hay vật liệu chịu lửa. Chất kết dính ceramic từ đất sét khó

chảy hoặc đất sét chịu lửa, cốt liệu rỗng (peclit dạng cuội sỏi hoặc cát pecit) sản phẩm điatômit, trepel nung. Chất tạo rỗng là mạt cưa, khi cháy để lại các lỗ rỗng lớn ăn thông nhau. Chất tạo rỗng có kích thước hạt nhất định được trộn lẫn với hỗn hợp tạo hình, sau đó được sấy và nung. Nhiệt độ nung sản phẩm không được thấp hơn nhiệt độ cháy của chất tạo rỗng. Sản phẩm chế tạo theo phương pháp này thường có kích thước và hình dạng không đổi so với hình dạng ban đầu do loại trừ khả năng phồng nở cũng như co ngót quá lớn. Do vậy độ rỗng vĩ mô của sản phẩm đúng bằng thể tích chất tạo rỗng được đưa vào trước đó. Độ rỗng tạo ra khi sử dụng phụ gia cháy dao động trong khoảng 60 - 65% đối với các loại phụ gia cháy thông thường và 75 - 80% đối với với các loại phụ gia cháy mới có hiệu quả tạo rỗng cao.

Phụ gia cháy cần thoả mãn một số yêu cầu như: khi cháy lượng chất khí thải ra không quá lớn gây phồng nở; đặc trưng lưu biến của phối liệu cho phép giữ nguyên hình dạng ban đầu của sản phẩm, không làm đặc chắc sản phẩm sau khi tách chất tạo rỗng.

Những điều kiện nêu trên có thể được đáp ứng thông qua việc lựa chọn loại phụ gia cháy. Trong suốt thời gian dài mạt cưa được dùng làm phụ gia cháy, tuy nhiên khi sử dụng với khối lượng lớn, mạt cưa rất khó được trộn đồng đều với thành phần chính. Sau khi cháy mạt cưa để lại hệ thống lỗ rỗng mao quản lớn hình khe, ăn thông nhau gây ảnh hưởng xấu đến cường độ, khả năng cách nhiệt cũng như các tính chất sử dụng khác của vật liệu cách nhiệt so với cấu trúc rỗng tổ ong có cùng độ rỗng. Tuy vậy ưu điểm của mạt cưa là khí thải khi cháy thoát ra một cách dễ dàng, không gây phồng nở và do vậy mặc dù được sử dụng với khối lượng lớn mạt cưa vẫn không gây biến dạng, nứt nẻ sản phẩm.

Hiện nay pôlystyrol phồng nở hạt mịn được dùng khá phổ biến cho phép tạo ra cấu trúc rỗng gồm các lỗ rỗng kín, hình cầu, có đường kính dao động trong khoảng rộng và phụ thuộc vào thành phần hạt của pôlystyrol. Vật liệu này thường được sử dụng với khối lượng nhỏ, do đó lượng khí thải ra không lớn nên khó gây phồng nở sản phẩm, ngay cả khi cần tạo ra độ rỗng kín.

c) Phương pháp bay hơi một trong các thành phần phối liệu

Theo phương pháp này, các chất dễ bay hơi dạng hạt được đưa vào hỗn hợp tạo hình; trong quá trình sản phẩm rắn chắc hay sau khi sản phẩm đã rắn chắc, chất tạo rỗng bay hơi tạo rỗng xốp cho sản phẩm. Thể tích rỗng, hình

dạng, kích thước và sự phân bố của lỗ rỗng hoàn toàn tương ứng với các đặc trưng này của phụ gia tạo rỗng.

Chất tạo rỗng thuộc loại này cần thoả mãn một số yêu cầu như: quá trình bay hơi phải diễn ra một cách từ từ tránh tạo ra một lượng khí lớn trong thời gian ngắn; chất tạo rỗng cũng như chất khí tạo ra không được gây ảnh hưởng xấu đến hỗn hợp tạo hình; chất khí sinh ra không độc hại hay có mùi khó chịu; giá thành rẻ.

Loại chất tạo rỗng đáp ứng được đầy đủ những yêu cầu đó không nhiều. Đầu thế kỷ 20, naphtalen đã từng được sử dụng với mục đích giảm khối lượng thể tích của sản phẩm chứa ximăng hoặc vôi - cát. Naphtalen bay hơi ở nhiệt độ thường và không ảnh hưởng xấu đến thành phần phối liệu, nhưng khá đắt nên ít được sử dụng để chế tạo vật liệu cách nhiệt dạng bê tông.

3.2.3. Phương pháp sắp xếp không chặt chẽ

Phương pháp này còn có tên gọi là phương pháp phân tán cơ học, áp dụng trong chế tạo các sản phẩm dạng hạt rời, dạng sợi. Đây là phương pháp từng được ứng dụng từ rất lâu. Vật liệu chính để tạo ra lớp cách nhiệt dạng này thường là vật liệu có sẵn trong thiên nhiên như len, thân thảo mộc khô, mạt cưa, nham thạch xốp, v.v... Phương pháp này cũng đang được sử dụng để tạo các lớp vật liệu đổ đống từ bông khoáng, bông thuỷ tinh hay các hạt xốp rời như peclit phồng hay vemiculit phồng. Độ rỗng của vật liệu ở đây được tạo ra bởi khoảng không gian giữa các sợi, các hạt tiếp xúc nhau.

Độ rỗng phụ thuộc vào độ dài, đường kính sợi - đối với vật liệu cách nhiệt có cấu trúc sợi và phụ thuộc vào hình dạng, thành phần hạt - đối với vật liệu cách nhiệt có cấu trúc hạt. Theo lý thuyết, độ rỗng của vật liệu cách nhiệt có cấu trúc hạt ít phụ thuộc vào đường kính hạt. Nếu coi các hạt có hình dạng gần với hình cầu thì độ rỗng giữa các hạt (r) của lớp cách nhiệt phụ thuộc vào sự sắp xếp tương đối của các hạt:

- Sắp xếp kiểu con cờ:

$$r = \left[1 - \frac{\frac{\pi D^3}{6}}{D^3}\right] \cdot 100 = 47{,}6\% \qquad (3\text{-}3)$$

- Sắp xếp kiểu lục giác:

$$r = \left[1 - \frac{\frac{\pi D^3}{6}}{\frac{D^3\sqrt{2}}{2}}\right] \cdot 100 = 25,95\% \quad (3\text{-}4)$$

r_{min} = 18,8% khi có n cấp hạt sắp xếp theo kiểu lục giác.

Khi áp dụng phương pháp sắp xếp không chặt chẽ để chế tạo cấu kiện cách nhiệt, độ ổn định của lớp cách nhiệt có được là nhờ liên kết cơ học cụ thể là sự phớt hoá các sợi kích thước ngắn và trung bình, sự đan bện của các bó sợi dài hoặc sự lèn chặt cơ học của các hạt, do vậy độ rỗng của cấu kiện cách nhiệt sẽ giảm so với lớp cách nhiệt đổ đống.

Sự phớt hoá vật liệu sợi trong quá trình thành hình cấu kiện diễn ra đối với sợi có chiều dài dưới 20 - 30mm. Quá trình phớt hoá sợi thiên nhiên và lông thú thuận lợi hơn so với quá trình phớt hoá sợi nhân tạo như bông thuỷ tinh, bông khoáng. Sản phẩm tạo ra do phớt hoá sợi nhân tạo có cường độ và độ đàn hồi không lớn.

Phương pháp phớt hoá được ứng dụng rộng rãi trong thành hình tấm thảm bông khoáng trong buồng lắng sợi và để chế tạo các sản phẩm từ tấm sợi gỗ kết hợp với phương pháp tăng lượng nước nhào trộn.

Sự phớt hoá bông khoáng diễn ra trong buồng lắng sợi ngay sau khi sợi được tạo ra, bay lơ lửng trong buồng lắng, sau đó lắng xuống bề mặt băng tải thành hình tấm thảm sợi, quá trình này tạo cho tấm thảm sợi có độ bền nhất định. Công đoạn ép cơ học tiếp theo có tác dụng làm tăng mức độ liên kết giữa các sợi và cường độ của sản phẩm.

Tấm thảm sợi được bọc trong lớp giấy kraft, màng chất dẻo hay các loại màng mỏng khác và khâu bằng chỉ nilông, chỉ thuỷ tinh hay chỉ thường để tạo ra sản phẩm dạng tấm dùng trong cách nhiệt nhà cửa, thiết bị hay cách âm cho các bề mặt có độ cong lớn.

Sự phớt hoá diễn ra trong dung dịch chứa một lượng nước dư thừa lớn nhờ sự sắp xếp hỗn độn và sự đan bện giữa các sợi khoáng hay sợi tự nhiên. Hàm lượng pha rắn trong khối thuỷ nằm trong khoảng 2 - 10%. Trong môi trường này, sợi có mức tự do lớn và có khả năng định hướng không gian dễ dàng. Ở giai đoạn đầu của quá trình tạo hình, nước thoát ra do tác dụng của áp lực

thuỷ tĩnh sau đó nước tiếp tục thoát ra nhờ lực hút chân không và lực ép của trục ép, các sợi dần dần xích lại gần nhau. Sau khi sấy, mối tiếp xúc giữa các sợi càng trở nên chặt chẽ hơn làm cho khung sợi có được cường độ cơ học và độ cứng cần thiết.

Các sợi dài và mảnh rất khó tạo phớt theo phương pháp tăng lượng nước nhào trộn.

Theo lý thuyết về sự sắp xếp hạt trong các hệ có thể tích lớn hơn nhiều so với thể tích của từng hạt thì độ hổng giữa các hạt không phụ thuộc vào kích thước hạt mà chịu ảnh hưởng bởi thành phần cấp hạt, hình dạng hạt cũng như đặc điểm bề mặt của hạt. Tuy nhiên trên thực tế đối với vật liệu cách nhiệt, kích thước hạt có ảnh hưởng lớn đến độ dẫn nhiệt của vật liệu cách nhiệt và thường sử dụng các thành phần hạt mịn.

Bằng phương pháp đập, nghiền và sàng phân loại cho phép điều khiển thành phần hạt của tổ hợp vật liệu theo ý muốn. Tổ hợp vật liệu chứa các hạt có đường kính gần nhau cho độ rỗng lớn nhất.

Trong công đoạn nghiền vật liệu khoáng thiên nhiên và nhân tạo nên sử dụng máy đập búa hoặc đập trục, giúp tạo ra sản phẩm có thành phần hạt có kích thước dao động trong phạm vi hẹp và không làm giảm mạnh độ rỗng của chính các hạt.

3.2.4. Phương pháp kết khối tiếp xúc

Phương pháp này phổ biến trong chế tạo vật liệu cách nhiệt cấu trúc rỗng lớn từ các hạt đường kính lớn, sợi dài, hoặc có thể sử dụng để kết khối các hạt có đường kính hạt $d \geq 3$ - 5mm hay các sợi có chiều dài $l \geq 10$ - 15mm. Khi sử dụng sợi ngắn hơn hay hạt nhỏ hơn, tỷ diện tích bề mặt tăng, làm tăng lượng dùng chất kết dính, do đó độ rỗng giảm, độ dẫn nhiệt của vật liệu tăng.

Phương pháp kết khối tiếp xúc được sử dụng trong sản xuất sản phẩm từ bông khoáng và bông thuỷ tinh có chất kết dính tổng hợp; vật liệu cách nhiệt nhiệt độ cao từ sợi chịu lửa và chất kết dính ceramic; sản phẩm từ sợi tổng hợp không dùng kỹ thuật dệt; bê tông cách nhiệt rỗng lớn từ keramzit; hạt thuỷ tinh rỗng và các cốt liệu rỗng khác với chất kết dính như tổng hợp hoặc chất kết dính vô cơ. Trong thực tế khoảng 50% sản phẩm cách nhiệt được sản xuất theo phương pháp này.

Phương pháp kết khối tiếp xúc dựa trên nguyên lý liên kết hai bề mặt tiếp xúc bằng một lớp keo mỏng. Số lượng các mối liên kết được xác định bởi hai yếu tố: tính bám dính giữa chất kết dính với vật liệu và độ bền của chính chất kết dính.

Cường độ, tuổi thọ của vùng tiếp xúc và của cả sản phẩm nói chung phụ thuộc vào rất nhiều nhân tố hoá lý và công nghệ như: bản chất của các phần tử tạo khung cũng như trạng thái bề mặt của chúng, bản chất của chất kết dính và độ dầy của lớp keo, diện tích tiếp xúc, độ ráp của bề mặt các phần tử vật liệu cũng như điều kiện môi trường sử dụng.

Độ bền của lớp keo phụ thuộc chủ yếu vào chiều dầy của nó. Khi giảm chiều dầy lớp keo đến giá trị tối ưu thì khả năng bám dính sẽ tăng. Lớp keo bị đứt vỡ tại các vị trí khuyết tật. Xác suất tồn tại các khuyết tật càng cao khi chiều dầy của lớp keo càng lớn. Ngoài ra khi chiều dầy lớp keo tăng lên tạo điều kiện xuất hiện các ứng suất bên trong lớp keo do hiện tượng co thể tích của chất keo trong quá trình rắn chắc. Việc chế tạo vật liệu cách nhiệt có chiều dầy lớp chất kết dính tối ưu có ý nghĩa quan trọng về kinh tế - kỹ thuật. Khi chiều dày lớp keo giảm thì khối lượng thể tích của sản phẩm sẽ giảm làm tăng khả năng cách nhiệt, giảm lượng dùng chất kết dính nhựa tổng hợp đắt tiền, góp phần giảm giá thành sản phẩm.

Để chế tạo vật liệu cách nhiệt theo phương pháp kết khối tiếp xúc cần bảo đảm sự phân bố đồng đều một lớp chất kết dính, tạo màng đủ mỏng trên bề mặt các phần tử tạo khung làm cho các mối tiếp xúc này có độ bền nhất định.

Các nhân tố công nghệ chủ yếu ảnh hưởng đến sự hình thành cấu trúc và tính chất của vật liệu cách nhiệt là:

- Đặc trưng lưu biến của chất kết dính.

- Lượng dùng chất kết dính bảo đảm duy trì độ hổng giữa các hạt hoặc sợi.

- Kích thước và thành phần hạt của các phần tử tạo khung là những phần tử giữ vai trò quan trọng đối với tính chất rỗng cũng như độ rỗng của sản phẩm.

Khi sử dụng chất kết dính vô cơ, ximăng, khả năng giữ nước của hồ ximăng và phương pháp thành hình sản phẩm là nhân tố quyết định chiều dầy của màng chất kết dính trên bề mặt các phần tử tạo khung.

Lượng dùng chất kết dính phụ thuộc trực tiếp vào chiều dầy của lớp keo, khả năng hấp phụ của vật liệu tạo khung cũng như tỷ diện bề mặt và công

nghệ thành hình sản phẩm. Nên sử dụng vật liệu tạo khung có kích thước hạt thô và cỡ hạt tương đối đồng đều và có bề mặt hạt đặc. Công nghệ thành hình sản phẩm cho phép tạo ra lớp keo mỏng, đồng thời cho phép tách lượng chất kết dính dư thừa bằng phương pháp cơ học hay hút chân không.

3.2.5. Phương pháp kết khối thể tích đặc

Thực chất của phương pháp này là sử dụng một lượng chất kết dính đủ lớn để lấp đầy độ hổng giữa các phần tử tạo khung.

Đối với phương pháp này, độ rỗng của chính vật liệu tạo khung giữ vai trò rất quan trọng, do đó chỉ ứng dụng cho việc sản xuất vật liệu cách nhiệt từ các phần tử có độ rỗng lớn hơn 80%.

Phương pháp này được ứng dụng nhiều trong công nghệ chế tạo vật liệu cách nhiệt từ peclit phồng nở, vemiculit phồng nở, hạt thuỷ tinh rỗng, các hạt chất dẻo chứa khí, bê tông keramzit, vật liệu cách nhiệt chứa điatômit, trepel, vật liệu chứa amiăng tơi xốp.

Thành phần hạt của cốt liệu ảnh hưởng lớn đến độ rỗng toàn phần của hệ. Yêu cầu về thành phần hạt của vật liệu tạo khung trong phương pháp kết khối tiếp xúc và kết khối thể tích đặc rất khác nhau. Trong phương pháp kết khối thể tích đặc, thành phần hạt cần có nhiều cấp hạt khác nhau cho phép tạo ra độ hổng giữa các hạt nhỏ nhất nhằm mục đích giảm thiểu lượng dùng chất kết dính. Thành phần hạt hợp lý có độ hổng nhỏ nhất của cốt liệu, theo phương pháp kết khối thể tích đặc, được lựa chọn theo nguyên tắc tương tự như khi lựa chọn thành phần hạt cốt liệu cho bê tông. Đối với cốt liệu nhỏ thường sử dụng biểu đồ thành phần hạt của cát, còn đối với cốt liệu lớn - sử dụng biểu đồ thành phần hạt đối với đá.

Vật liệu chế tạo theo phương pháp kết khối thể tích đặc là hệ gồm có hai loại vật liệu nền: cốt liệu tạo khung tiếp xúc nhau và vật liệu chiếm toàn bộ lỗ hổng giữa các hạt. Trong đa số các trường hợp, cả hai thành phần cấu thành vật liệu khác nhau về cường độ và độ đàn hồi. Đó chính là nguyên nhân chính làm xuất hiện tính không đồng nhất về phân bố ứng suất và biến dạng do tác động cơ học cũng như tác động nhiệt gây ra trong miền tiếp giáp giữa hai thành phần.

Khi cường độ của các vật liệu thành phần tăng thì cường độ của sản phẩm cũng tăng, tuy nhiên trong thực tế nhiều trường hợp đã xảy ra ngược lại.

Điều đó liên quan đến cường độ của vật liệu composite phụ thuộc chủ yếu vào phương thức phá hoại của các thành phần trong vật liệu. Trong một số tổ hợp nhất định, các tính chất của các vật liệu thành phần trước hết có thể xảy ra sự phá hoại thành phần có cường độ cao hơn, vì trong thành phần này tập trung ứng suất đạt đến giá trị tới hạn. Do vậy tính chất cơ lý của vật liệu phụ thuộc vào các thông số phản ánh cấu trúc cũng như thành phần của chúng như: thể tích riêng phần, cường độ và độ đàn hồi của các thành phần cấu thành vật liệu, cường độ bám dính giữa chất kết dính với cốt liệu.

Công nghệ chế tạo vật liệu cách nhiệt theo phương pháp kết khối thể tích đặc cho phép sử dụng hỗn hợp cốt liệu có độ lèn chặt cao nhất với hai loại vật liệu nền, mở ra khả năng chế tạo một chủng loại vật liệu với các tính chất định trước. Mặt khác khi sử dụng cốt liệu cường độ cao cho phép chế tạo vật liệu cách nhiệt và vật liệu cách nhiệt cấu kiện với lượng dùng chất kết dính nhỏ nhất hoặc sử dụng chất kết dính mác thấp.

Với công nghệ này có thể chế tạo được vật liệu cách nhiệt hiệu quả cao từ cốt liệu siêu nhẹ có cường độ và độ đàn hồi nhỏ so với chất kết dính. Khi cốt liệu bị phá hoại sản phẩm vẫn có thể không bị ảnh hưởng nhờ có cấu trúc đặc biệt, bởi vì trong loại vật liệu này cường độ của sản phẩm được quyết định bởi cường độ của chất kết dính.

Để tăng độ rỗng, giảm γ_0 cần lựa chọn thành phần hạt cốt liệu sao cho độ hổng đạt cực tiểu, tăng hàm lượng cốt liệu rỗng, giảm lượng dùng chất kết dính, đồng thời có thể tạo rỗng bổ sung cho phần vữa chất kết dính.

Ngoài ra công nghệ chế tạo vật liệu cách nhiệt theo phương pháp kết khối thể tích đặc còn cho phép sử dụng thành phần hạt mịn và sợi ngắn. Tỷ lệ hợp lý giữa lượng dùng các cấp hạt của cốt liệu có liên quan chặt chẽ đến loại và đặc trưng lưu biến của chất kết dính. Thực vậy, nếu tăng lượng dùng các cấp hạt mịn của cốt liệu cao hơn mức hợp lý sẽ làm tăng lượng dùng chất kết dính và ảnh hưởng xấu đến đặc trưng lưu biến của nó. Điều này sẽ làm giảm độ đồng nhất của hỗn hợp và tăng khối lượng thể tích của vật liệu.

Tính chất bề mặt của vật liệu tạo khung là nhân tố không kém phần quan trọng. Tuy nhiên khó có thể so sánh với vai trò của nó trong phương pháp kết khối tiếp xúc. Mặc dù vậy độ nhám ráp trên bề mặt rỗng của cốt liệu, góp phần cải thiện lực bám dính tại ranh giới phân pha, là điều kiện cần thiết cho sự làm việc đồng thời của hai thành phần cấu thành vật liệu. Khi cường độ

bám dính trong vật liệu cao hơn cường độ vật liệu thành phần thì tính chất cơ lý của vật liệu sẽ được cải thiện đáng kể. Khi tỉ diện của cốt liệu tăng thì lượng dùng chất kết dính cũng tăng. Vì vậy có thể làm tăng khối lượng thể tích của sản phẩm. Sự hấp phụ một lượng lớn chất kết dính bởi bề mặt hạt cốt liệu có thể được hạn chế bằng cách làm bão hoà các lỗ rỗng bằng các chất bay hơi (như làm ẩm sơ bộ sợi amiăng bằng nước, v.v...).

Chất kết dính dùng để chế tạo vật liệu cách nhiệt cần có khối lượng thể tích nhỏ và độ dẫn nhiệt thấp. Do vậy chất kết dính sử dụng trong công nghệ chế tạo vật liệu cách nhiệt theo phương pháp kết khối thể tích đặc thường dùng là pôlime, bitum và thuỷ tinh lỏng.

Vật liệu cách nhiệt hiệu quả cao có thể được chế tạo từ chất kết dính nhựa tổng hợp hoặc chất kết dính vô cơ cấu trúc rỗng. Khi sử dụng các hệ được tạo rỗng bằng bọt làm chất kết dính cho phép giảm khối lượng thể tích của sản phẩm, giảm lượng dùng chất kết dính, đồng thời cải thiện đáng kể tính chất nhiệt lý của sản phẩm.

Chất kết dính dùng trong phương pháp kết khối đặc cốt liệu, trong quá trình tạo bọt, cần có khả năng tạo bọt cao, hoạt tính hoá học cao và độ nhớt thấp. Giá trị hợp lý của các chỉ tiêu trên được lựa chọn phù hợp với đặc tính của cốt liệu như khả năng tích nhiệt, tính chất bề mặt, v.v... Ví dụ trong trường hợp sử dụng cốt liệu siêu nhẹ kết khối đặc bằng phương pháp tạo bọt do phản ứng hoá học thì chất kết dính cần có hoạt tính hoá học cao. Nếu đưa các tác nhân biến tính vào thành phần chất kết dính tạo bọt như phụ gia hoá dẻo, chất làm loãng, chất tạo khí, v.v... có khả năng thay đổi tính chảy nhớt của hỗn hợp và khả năng tạo bọt cho phép chế tạo các sản phẩm có các tính chất mong muốn.

3.2.6. Phương pháp tạo cấu trúc rỗng hỗn hợp

Trong công nghệ vật liệu cách nhiệt, phương pháp tạo cấu trúc rỗng hỗn hợp được sử dụng khá phổ biến nhằm tăng độ rỗng toàn phần. Phương pháp này được xây dựng dựa trên các nguyên lý tạo rỗng đã nêu. Việc kết hợp nhiều dạng cấu trúc rỗng không những cho phép tăng độ rỗng toàn phần của vật liệu mà còn góp phần cải thiện các tính chất của sản phẩm như độ dẫn nhiệt, cường độ và các tính chất của vật liệu liên quan đến môi trường nước.

Một ví dụ điển hình của cấu trúc hỗn hợp là công nghệ sản xuất sản phẩm amiăng - vemiculit. Trong sản phẩm này có mặt đồng thời các dạng cấu trúc

rỗng như cấu trúc dạng tấm của vemiculit, cấu trúc dạng sợi của amiăng và cấu trúc hạt được tạo ra trong quá trình kết khối tiếp xúc của vật liệu tạo khung là vemiculit và amiăng với chất kết dính đất sét hoặc tinh bột.

Trong công nghệ bê tông tổ ong, sự kết hợp quá trình tạo khí và cuốn khí cho phép tạo ra độ rỗng với khối lượng lỗ rỗng dạng tổ ong tương đối lớn. Quá trình tạo rỗng lúc đầu diễn ra do phụ gia cuốn khí được đưa vào phối liệu khi nghiền hoặc nhào trộn phối liệu. Trong quá trình chuẩn bị, hỗn hợp tạo hình được làm bão hoà không khí (độ rỗng có thể đạt 25 - 30%). Sau đó hỗn hợp đã được tạo rỗng sơ bộ này tiếp tục được phồng nở bằng bột nhôm. Kích thước các lỗ rỗng tạo ra do quá trình thải khí lớn gấp 1,8 - 2 lần so với các lỗ rỗng cuốn khí. Do vậy trong sản phẩm có mặt cùng lúc các lỗ rỗng thuộc hai cấp khác nhau tạo điều kiện hình thành cấu trúc rỗng tổ ong sắp xếp theo kiểu lục giác. Các lỗ rỗng nhỏ, tạo ra do quá trình cuốn khí, có khả năng ổn định tốt do đó làm tăng độ bền vững của cả hệ. Nếu kết hợp tạo rỗng do tạo khí và cuốn khí cho phép chế tạo các khối kích thước lớn, có khối lượng thể tích từ 180 - 200kg/m^3.

Việc kết hợp các phương pháp tạo rỗng trong cùng một công đoạn giúp rút ngắn quy trình công nghệ, đồng thời trong nhiều trường hợp, cho phép cải thiện tính chất của cấu trúc rỗng. Ví dụ trong công nghệ các sản phẩm tạo bọt có thể kết hợp một cách có hiệu quả quá trình tạo bọt trong công đoạn nghiền ướt phối liệu trong thiết bị nghiền bi hoặc nghiền bi rung. Khi đó các chất tạo bọt, là các chất hoạt động bề mặt, sẽ thúc đẩy quá trình nghiền thành phần rắn tạo điều kiện hình thành cấu trúc bọt có độ đồng nhất cao với kích thước bọt nhỏ. Do vậy công đoạn chế tạo bọt kỹ thuật và nhào trộn bọt này với vữa được loại bỏ. Máy trộn bọt và máy trộn vữa trở nên không cần thiết. Công nghệ này đặc biệt có hiệu quả trong sản xuất sản phẩm gốm bọt và vật liệu chịu lửa nhẹ.

Chương IV

SỢI KHOÁNG NHÂN TẠO VÀ CÁC SẢN PHẨM TỪ SỢI KHOÁNG

Tuỳ thuộc vào tính chất của nguyên vật liệu và công nghệ chế tạo, sợi khoáng nhân tạo được phân thành các nhóm chủ yếu sau: bông khoáng, có nhiệt độ sử dụng tới hạn đến 600°C; bông thuỷ tinh, có nhiệt độ sử dụng tới hạn đến 400°C; sợi chịu nhiệt độ cao và chịu lửa, có nhiệt độ sử dụng tới hạn lớn hơn 1000°C.

Bông khoáng và bông thuỷ tinh được chế tạo từ khối silicat nóng chảy. Bông thuỷ tinh thường chứa một lượng lớn SiO_2 với sự có mặt của kiềm.

Sợi chịu nhiệt độ cao và sợi chịu lửa cũng có thể được chế tạo từ khối silicat hoặc các phương pháp khác sẽ được trình bày dưới đây.

4.1. BÔNG KHOÁNG

4.1.1. Các tính chất của bông khoáng

Bông khoáng là vật liệu xốp, hợp thành từ các sợi mảnh có cấu trúc thuỷ tinh, có màu trắng, xám sáng, màu xanh nhạt hay màu nâu sẫm. Bông khoáng có khả năng cách nhiệt tốt vì chứa một lượng lỗ rỗng lớn. Độ rỗng của bông khoáng (r) có thể đạt đến 95 - 96%. Thể tích và kích thước lỗ rỗng của bông khoáng phụ thuộc vào mức độ lèn chặt và đường kính của sợi - dao động từ 1 - 10μm. Khi đường kính trung bình của sợi (d_{tb}) tăng thì độ dẫn nhiệt cũng tăng, do vậy nên chọn $d_{tb} \leq 8\mu m$ là hợp lý nhất. Chiều dài sợi (*l*) dao động trong khoảng 2 - 3mm đến 20 - 30mm. Đường kính trung bình của sợi phụ thuộc vào thành phần hoá học của sợi cũng như các yếu tố công nghệ khác. Sợi càng dài thì cường độ và độ đàn hồi của sản phẩm càng cao.

Trong bông khoáng, ngoài các sợi mảnh còn có mặt các sợi thô, mảnh vụn có hình dạng, kích thước không giống nhau. Sợi thô gồm: dạng que, dạng tròn múp đầu, dạng giọt nước. Các tạp chất trong bông khoáng làm tăng độ dẫn nhiệt của nó.

Khối lượng thể tích của bông khoáng phụ thuộc vào đường kính trung bình của sợi, nồng độ tạp chất và mức độ lèn chặt. Khối lượng thể tích là chỉ tiêu quan trọng được xác định dưới tải trọng 0,02MPa. Tải trọng này được xem là tương đương với tải trọng tác dụng lên sản phẩm trong quá trình sử dụng. Trong điều kiện được xác định dưới tải trọng như nhau, khối lượng thể tích của bông khoáng có đường kính sợi lớn hơn và hàm lượng tạp chất cao hơn sẽ có giá trị lớn hơn.

Theo tiêu chuẩn của Liên Xô cũ thì bông khoáng có các mác: 75, 00 và 125. Hàm lượng tạp chất có đường kính d ≥ 0,25mm tương ứng không được vượt quá 10%, 20% và 25%.

Độ hút nước của bông khoáng khi nhúng ngập trong nước có thể đạt đến 600%. Độ hút ẩm dao động trong khoảng từ 0,2 - 2% và phụ thuộc vào điều kiện sử dụng. Bông khoáng là môi trường không thuận lợi cho nấm mốc phát triển, tuy nhiên các axít do nấm mốc thải ra có thể phá hoại bông khoáng. Khi tăng tính axít của bông khoáng, độ bền chống nấm mốc cũng tăng

Nhiệt độ kết khối của bông khoáng từ 700 - 800°C, do đó nhiệt độ sử dụng tới hạn tương ứng là 600 - 700°C.

Hệ số dẫn nhiệt của bông khoáng phụ thuộc vào đường kính sợi, khối lượng thể tích cũng như hàm lượng tạp chất. Ví dụ, khi đường kính của sợi tăng từ 3μm lên 12μm, độ dẫn nhiệt tăng 10%. Độ dẫn nhiệt của bông khoáng cũng tăng khi nhiệt độ môi trường tăng. Ở nhiệt độ nhất định, độ dẫn nhiệt của bông khoáng không được vượt quá các giá trị sau:

- Khi t = 25 ± 5°C → λ = 0,045W/(m.°C).
- Khi t = 125 ± 5°C → λ = 0,064W/(m.°C).
- Khi t = 300 ± 5°C → λ = 0,105W/(m.°C).

Khi bị ẩm độ dẫn nhiệt của bông khoáng tăng. Do vậy cần giữ cho bông khoáng không bị ẩm.

4.1.2. Nguyên vật liệu để chế tạo bông khoáng

Nguyên vật liệu để chế tạo bông khoáng rất đa dạng và phổ biến đó là các loại đất đá trầm tích, phún xuất hay biến chất, cũng như các phế thải công nghiệp hoặc sản phẩm phụ như: xỉ lò cao, xỉ luyện kim, xỉ nhiên liệu, tro bay, gạch đỏ, gạch silicat vỡ, v.v...

Yêu cầu cơ bản đối với nguyên vật liệu dùng cho sản xuất bông khoáng là: cần có thành phần hoá học thích hợp cho phép chế tạo chất nung chảy ở nhiệt độ không quá cao (là nhiệt độ có thể tạo ra trong các thiết bị nung chất nung chảy hiện có); cho phép chế tạo chất nung chảy với các đặc trưng lưu biến cần thiết và tạo ra bông khoáng bền trong môi trường sử dụng; nguyên vật liệu dễ kiếm và không đòi hỏi quá trình sơ chế phức tạp.

Trong thực tế thường sử dụng hai hoặc ba cấu tử (tức vật liệu ban đầu) để chế tạo chất nung chảy có thành phần hoá học yêu cầu. Trong thiên nhiên ít có những loại đất đá có thể sử dụng độc lập để chế tạo chất nung chảy.

a) Các loại đất đá thiên nhiên

Trong số các loại đất đá thích hợp nhất cho việc sản xuất bông khoáng phải kể đến các loại đất đá phún xuất kiềm tính thuộc nhóm gabrô - bazan và một vài loại đất đá biến chất khác có thành phần hoá học tương tự.

Thành phần hoá học của các loại nguyên liệu dạng này dao động trong khoảng sau: SiO_2 = 45 - 65%; Al_2O_3 = 10 - 20%; Fe_2O_3 + FeO = 10 - 15%; CaO = 5 - 15%; MgO = 5 - 15%; Na_2O + K_2O = 1 - 3%.

Các loại đất đá như: gabrô, diaba, bazan và biến chất, có thành phần hoá tương đương cho phép chế tạo bông khoáng chất lượng cao, với môđun axít μ_a = 1,5 - 2,5, trong các lò cao cải tiến có thiết bị thổi không khí nóng.

Các loại đất đá axít như granit, grandiorit, peclit làm tăng độ nhớt của chất nung chảy so với nguyên liệu từ đất đá thuộc nhóm gabrô - bazan, do đó làm giảm năng suất của thiết bị nung. Nguyên liệu granit, peclit có thể sử dụng để tăng độ trắng của sợi bông khoáng dùng cho mục đích cách âm.

b) Xỉ lò cao

Trong sản xuất bông khoáng, xỉ lò cao được sử dụng khá rộng rãi. Xỉ lò cao là chất nung chảy từ các silicat và alumôsilicat có thành phần hoá học như sau: SiO_2 = 35 - 40%; Al_2O_3 = 10 - 15%; Fe_2O_3 + FeO = 0,5%; CaO = 35 - 45%; MgO = 5 - 10%.

Xỉ lò cao là chất nung chảy được sử dụng rộng rãi để chế tạo bông khoáng trong các lò cao với thiết bị thổi không khí lạnh. Trong trường hợp không dùng phụ gia thì chỉ có thể chế tạo được sợi silicat kém bền nước. Nguyên nhân chủ yếu là do bông này có chứa một lượng lớn CaO làm tăng

khả năng thuỷ hoá của sợi, giảm cường độ và khả năng sinh bụi cũng như khả năng tự lèn chặt của sợi. Sợi silicat thường được chế tạo từ hỗn hợp xỉ lò cao với các chất giảm kiềm tính từ phế thải công nghiệp có chứa lượng lớn SiO_2 và Al_2O_3, từ đó làm tăng độ ổn định chống thuỷ phân của sợi bông.

c) Xỉ luyện thép

Xỉ luyện thép thuộc loại nguyên liệu dễ nóng chảy, không những được sử dụng để giảm kiềm tính cho xỉ lò cao mà còn có thể sử dụng độc lập để chế tạo bông khoáng.

d) Xỉ lò máctanh

Trong xỉ lò máctanh có chứa ôxít sắt và ôxít mangan, chủ yếu được sử dụng trong chế tạo bông khoáng để giảm độ nhớt của chất nung chảy. Ngoài ra còn sử dụng ở dạng nóng chảy hay dạng đông cứng. Điều này góp phần giảm chi phí nhiệt, song ít sử dụng do khó điều chỉnh thành phần phối liệu.

Các loại xỉ nhiên liệu, tro rất khó sử dụng vì trên thực tế thành phần hoá của chúng dao động ngay cả khi được lấy từ một nguồn. Mặt khác công nghệ chế tạo chất nung chảy rất phức tạp do nguyên liệu có độ mịn lớn.

Phế liệu gạch đỏ và gạch silicat thường được tận dụng làm xỉ, kết hợp với thành phần có tính axít thấp hơn hay các nguyên liệu kiềm tính như xỉ, đôlômit, đá vôi, v.v...

• ***Phương pháp xác định thành phần phối liệu của bông khoáng***

Để xác định thành phần phối liệu của bông khoáng thường cho trước thành phần hoá học của nguyên liệu chủ yếu, tức hàm lượng các ôxít axít như Al_2O_3, SiO_2 và các ôxít bazơ như CaO, MgO. Phối liệu cần bảo đảm độ nhớt cần thiết cho chất nung chảy và tính bền vững của sợi. Trong thực tế thành phần hoá của phối liệu được khống chế một cách tương đối thông qua giá trị môđun axít:

$$\mu_a = \frac{SiO_2 + Al_2O_3}{CaO + MgO}$$

Tuỳ thuộc vào chất lượng cần có của bông khoáng mà lựa chọn giá trị môđun axít (μ_a), thường $\mu_a \geq 1,2$ đối với bông khoáng loại 1 và $\mu_a \geq 1,5$ đối với bông khoáng chất lượng đặc biệt.

Trong thực tế, phối liệu để chế tạo chất nung chảy thường được hợp thành từ 2 loại nguyên vật liệu ban đầu là A và B.

Gọi x là tỷ lệ % của vật liệu A trong hỗn hợp.

Gọi y là tỷ lệ % của vật liệu B trong hỗn hợp.

Ta có hệ phương trình sau:

$$\begin{cases} x + y = 1 \\ \dfrac{(SiO_2 + Al_2O_3)^A + (SiO_2 + Al_2O_3)^B}{(CaO + MgO)^A + (CaO + MgO)^B} \geq 1{,}2 \end{cases}$$

Giải hệ phương trình trên sẽ tìm được tỷ lệ phối hợp cần thiết giữa vật liệu A và B.

Khi μ_a tăng thì độ bền của bông khoáng tăng đồng thời tính bền hoá học, trong đó có tính bền nước, tăng. Độ bền nước của bông khoáng phụ thuộc vào độ pH. Nếu pH < 5 bông khoáng có tính bền nước rất cao, 5 < pH < 7 bông khoáng có tính bền nước cao.

Mặt khác, khi μ_a tăng tức tổng hàm lượng ($SiO_2 + Al_2O_3$) tăng dẫn đến độ nhớt của chất nung chảy tăng làm cho quá trình tạo sợi trở nên khó khăn hơn. Do đó khi lựa chọn thành phần phối liệu cần chú ý chọn thành phần hợp lý nhất sao cho không làm tăng đáng kể độ nhớt, gây ảnh hưởng xấu đến công nghệ; đồng thời không giảm quá thấp hàm lượng ôxít axít, làm ảnh hưởng xấu đến độ bền của bông khoáng.

4.1.3. Thiết bị chế tạo chất nung chảy

Chất nung chảy silicat dùng trong sản xuất bông khoáng được chế tạo bằng cách nung nguyên liệu trong các loại lò như: lò đứng, lò bể. Lò bể có thể là lò máctanh hay lò hồ quang.

Mặt khác, cũng có thể sử dụng xỉ nóng chảy từ các lò luyện kim. Khi đó để đốt nóng xỉ lỏng thường sử dụng một kiểu lò đặc biệt gọi là thiết bị tiếp nhận xỉ lỏng.

Kiểu lò được chọn phụ thuộc vào loại nguyên liệu, nhiên liệu hoặc nguồn cung cấp năng lượng. So sánh hiệu quả sử dụng nhiệt của các kiểu lò được nêu trong bảng 4.1.

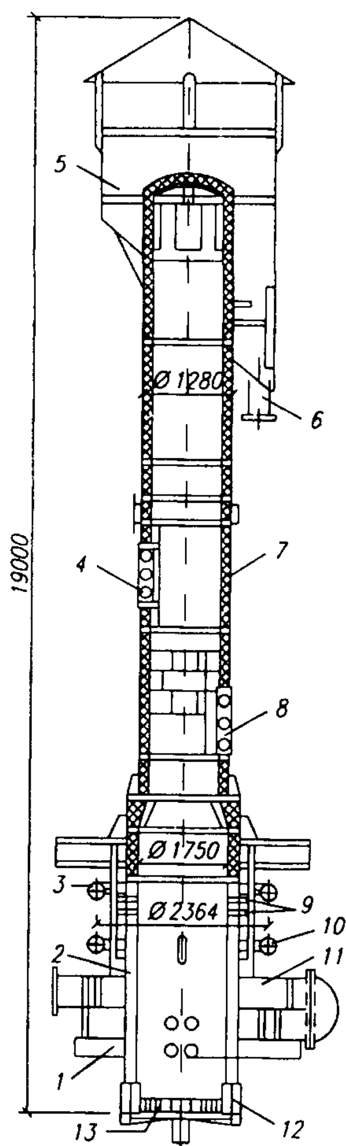
Bảng 4.1. Hiệu quả sử dụng nhiệt của các loại lò nung chất nung chảy

Chỉ tiêu	Lò cao nung bằng than cốc	Lò bể	Lò điện	Thiết bị tiếp nhận xỉ lỏng
Chi phí nhiệt cho 1kg chất nung chảy, kJ	6300 - 12600	10900 - 20900	2510 - 2930	1250 - 2930
Hệ số hữu ích, %	20 - 30	15 - 35	60 - 70	2 - 5

Từ bảng trên cho thấy lò bể là thiết bị chế tạo chất nung chảy hiệu quả nhất. Tuy nhiên khi sử dụng loại lò này nhu cầu điện năng tăng vọt.

Trong thực tế thiết bị chế tạo chất nung chảy phổ biến nhất là lò cao.

a) Lò cao



Lò cao có áo nước là một dạng lò nung chất nung chảy hoạt động theo nguyên tắc liên tục. Trong lò kiểu này quá trình trao đổi nhiệt diễn ra theo nguyên tắc ngược dòng. Nguyên liệu được đưa vào phần trên của lò cao, chuyển động xuống dưới và hoá lỏng; còn sản phẩm cháy được hình thành phía dưới lò đi ngược lên, trao nhiệt cho nguyên liệu đang nóng chảy.

- *Kết cấu lò cao*

Lò cao có hai bộ phận chính là nồi lò và giếng lò. Trong nồi lò xảy ra quá trình cháy nhiên liệu và nóng chảy nguyên liệu. Đây là khu vực có nhiệt độ cao nhất. Chất nung chảy silicat có khả năng ăn mòn lớp vật liệu chịu lửa, do đó tại khu vực nóng chảy nguyên liệu silicat cần trang bị áo nước để làm nguội. Đó là một hình trụ thép có hai

Hình 4.1: *Cấu tạo lò cao có áo nước.*

1- Họng thổi; 2- Áo nước; 3- Ống thoát nước; 4- Cửa nạp liệu; 5- Thiết bị dập tia lửa; 6- Cửa xả tro bay; 7- Giếng lò; 8- Lỗ thăm; 9- Khe co; 10- Ống cấp nước; 11- Bình tích áp cấp không khí; 12- Máng rót; 13- Đáy lò.

vách tạo khoảng không cho nước làm nguội lò lưu thông, đồng thời làm cho nhiệt độ của thân lò không quá cao. Nhiệt độ của nước làm nguội khi ra khỏi áo nước luôn được giữ dưới 70°C. Phần trên của lò được bảo vệ bởi lớp vật liệu chịu lửa. Phía dưới áo nước là đáy lò có cấu tạo gồm hai lớp, được treo trên khớp cầu.

Trong áo nước có các họng thổi cấp không khí để đốt cháy nhiên liệu. Các họng thổi này được nối với nhau bởi một ống hình vành khăn gọi là bình tích áp, qua đó không khí được dẫn đến các họng thổi theo chu vi của lò. Các thông số kỹ thuật chủ yếu của lò là: đường kính trong và chiều cao làm việc của lò, số lượng họng thổi và thể tích của đáy lò. Lò công nghiệp thường có đường kính: 1000, 1250 và 1400mm. Tỷ lệ giữa đường kính lò với chiều cao làm việc của lò dao động trong khoảng 3 - 5.

Số lượng họng thổi, được đặt theo đường tròn quanh lò, phụ thuộc vào khối lượng không khí cần cung cấp và kích thước của lò. Để tăng sản lượng của lò có đường kính lớn hơn 1000mm có thể đặt họng thổi thành hai dãy. Số họng thổi trong mỗi dãy là 8 - 16.

Phần dưới của lò kể từ mặt phẳng đi qua trục của các họng thổi thuộc dãy dưới đến đáy lò gọi là nồi lò. Trong nồi lò chất nung chảy dạng lỏng tích tụ lại và được đồng nhất hoá về thành phần cũng như nhiệt độ. Chiều cao của nồi lò càng lớn thì thời gian chất nung chảy lưu lại trước khi ra khỏi lò càng lâu, do đó chất nung chảy càng có điều kiện để đồng nhất hoá tốt hơn. Mặt khác chất nung chảy bị nguội di vì trong khu vực này than cốc không cháy và không toả nhiệt do thiếu ôxy, Vì vậy cần xác định chiều cao hợp lý của nồi lò. Đối với lò cao, chiều cao của nồi lò dao động trong khoảng 600 - 750mm.

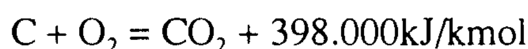
Chất nung chảy chảy ra khỏi nồi lò qua máng rót và được chuyển sang bộ phận tạo sợi. Máng rót là một lỗ hổng đường kính 55 - 65mm đặt trực tiếp trên áo nước và được làm nguội bằng nước. Để nạp nguyên liệu và nhiên liệu rắn vào lò, phía trên giếng lò được bố trí lỗ nạp liệu. Phía dưới lỗ nạp, giữa thân lò có thiết bị gạt vật liệu được làm nguội bằng nước. Thiết bị này có tác dụng phân bố đồng đều lớp phối liệu theo tiết diện của lò. Phần trên của giếng lò là vòm lò, tại đây có mở các cửa sổ cho khí thải thoát ra ngoài. Trên vòm lò là thiết bị dập tia lửa dùng để khử bụi và tia lửa do dòng khí thải cuốn ra. Đó là một bộ phận bằng thép có đáy dốc. Các phần tử bị lọc từ khí thải sẽ chảy dồn về cửa xả và được đưa ra ngoài.

Để nạp nguyên liệu và than cốc có thể sử dụng các loại cơ cấu khác nhau như: máy cấp liệu băng tải, xe skip, phễu cấp liệu. Để định lượng vật liệu thường sử dụng cân tự động dùng cho vật liệu trơ.

- *Hoạt động của lò cao*

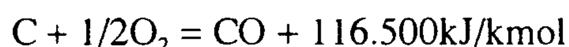
Các quá trình nhiệt diễn ra trong lò cao bao gồm quá trình cháy của than cốc và sự truyền nhiệt của sản phẩm cháy cho nguyên liệu đang nóng chảy. Vùng cháy của nhiên liệu nằm ngay phía trên các họng gió. Khi than cốc cháy xảy ra phản ứng hoá học giữa cacbon của than cốc và ôxy của không khí.

Quá trình cháy có thể diễn ra triệt để và tạo ra khí CO_2:



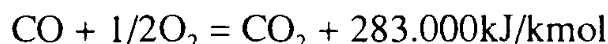
$$C + O_2 = CO_2 + 398.000kJ/kmol$$

hoặc không triệt để và tạo ra khí ôxít cacbon:



$$C + 1/2O_2 = CO + 116.500kJ/kmol$$

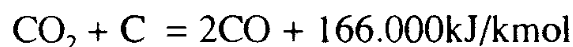
Sau đó ôxít cacbon lại tác dụng với ôxy và cháy thành CO_2:



$$CO + 1/2O_2 = CO_2 + 283.000kJ/kmol$$

Trong khi diễn ra quá trình cháy, ôxy trong không khí giảm còn nồng độ CO_2 và CO tăng; đồng thời nhiệt độ trong lò tăng. Tại độ cao nhất định của thân lò nhiệt độ đạt giá trị tối đa gần 1600°C. Trong khoảng độ cao này nồng độ khí CO_2 đạt cực đại.

Phản ứng cháy sẽ chấm dứt sau khi tất cả ôxy có trong không khí đã sử dụng hết để đốt cháy than cốc. Phía trên vùng cháy nơi sản phẩm cháy tiếp xúc với than cốc nung đỏ khí CO_2 có thể bị khử thành khí CO:



$$CO_2 + C = 2CO + 166.000kJ/kmol$$

Phản ứng khử hấp thụ nhiệt do đó không nhất thiết phải có. Phản ứng này sẽ chấm dứt khi nhiệt độ của phản ứng cháy giảm xuống 1000 - 1100°C. Khi nồng độ khí CO trong khí thải càng cao thì tổn thất nhiệt do phản ứng cháy không triệt để càng lớn và hệ số hữu ích của lò càng thấp.

Tuỳ thuộc vào bản chất quá trình hoá lý diễn ra trong lò theo chiều cao của lò có thể phân thành các vùng như sau:

- Vùng đốt trước: trong vùng này diễn ra quá trình sấy khô vật liệu và đehiđrat hoá (mất nước liên kết hoá lý). Khi nhiệt độ tăng và t > 600°C, xảy ra phản ứng phân huỷ magiê cacbonat:



$$MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2\uparrow$$

Khi t > 900°C xảy ra phản ứng phân huỷ canxi cacbonat:



$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2\uparrow$$

- Vùng nóng chảy: vùng này phân bố ngay phía trên lớp cốc đệm - lớp được đưa vào lò trong khi nhóm lò, và phân bố trực tiếp trên đáy lò. Tác dụng của lớp cốc đệm là đỡ các lớp phối liệu nằm bên trên, đốt nóng bổ sung chất nung chảy, giúp phân bố đều sản phẩm cháy theo tiết diện lò và làm thoát chất nung chảy xuống nồi lò. Trong vùng nóng chảy nhiệt độ đạt 1500 - 1800°C, phối liệu dạng rắn bị nóng chảy sẽ chảy theo bề mặt các cục than cốc nóng đỏ xuống nồi lò.

Các thành phần phối liệu không nóng chảy cùng lúc, chất dễ chảy sẽ nóng chảy trước, chất khó chảy sẽ nóng chảy sau và hoà tan vào chất dễ chảy. Trong khoảng nhiệt độ nhất định, tốc độ hoà tan của chất khó chảy ở trạng thái rắn vào pha lỏng của chất dễ chảy tuân theo định luật Raulle phụ thuộc vào nồng độ chất phản ứng trong cả hai pha. Mặt khác độ nhớt của chất nung chảy cũng ảnh hưởng đến tốc độ hoà tan. Để thúc đẩy quá trình hoà tan của chất khó chảy, cần giảm kích thước hạt của vật liệu khó chảy, tức cỡ hạt phải nhỏ hơn so với các hạt vật liệu dễ chảy. Để tạo điều kiện cho quá trình nóng chảy trong lò diễn ra một cách thuận lợi cần cố định tỷ lệ thể tích giữa chất khó chảy và chất dễ chảy. Khi vật liệu khó chảy có khối lượng vượt quá mức cần thiết, chúng khó hoà tan hết vào chất nung chảy từ vật liệu dễ chảy vì thời gian vật liệu lưu lại trong vùng nóng chảy có hạn do kết cấu của loại lò này.

- Vùng khử: nằm trong phần trên của lớp cốc đệm từ đường ranh giới quy ước, nơi nồng độ ôxy trong môi trường bằng 0, đến mặt trên của vùng cốc đệm. Tại đây khí CO_2 bị khử thành khí CO. Nhiệt độ của sản phẩm cháy trong vùng này giảm càng mạnh khi càng nhiều CO_2 bị khử thành khí CO. Mặt khác quá trình này lại phụ thuộc vào khả năng phản ứng và kích thước của than cốc. Khả năng phản ứng của nhiên liệu là khả năng của CO_2 tạo ra do phản ứng cháy bị khử thành CO. Khả năng phản ứng (%) được xác định theo công thức sau:

$$R = \frac{CO}{CO + 2CO_2} \cdot 100$$

Nên sử dụng than cốc cỡ hạt thô có khả năng phản ứng thấp (15 - 20%).

- Vùng ôxy hoá: phân bố trong khu vực được giới hạn bởi mặt phẳng đi qua trục của của dãy họng thổi và ranh giới quy ước, nơi nồng độ ôxy trong lò bằng 0. Trong vùng này nhiên liệu cháy rất mạnh. Cuối vùng này nhiệt độ trong lò đạt cực đại. Chiều cao của vùng ôxy hoá phụ thuộc vào chất lượng của nhiên liệu, thành phần hạt cũng như nhiệt độ môi trường. Khả năng phản ứng của nhiên liệu càng cao thì vùng ôxy hoá càng nhỏ; kích thước hạt nhiên liệu càng bé thì tỷ diện bề mặt càng lớn, phản ứng cháy diễn ra càng nhanh do đó vùng ôxy hoá càng nhỏ.

- Vùng đáy: vùng này nằm ngay phía dưới các họng thổi và kéo dài đến đáy lò. Phía trên của vùng này xảy ra quá trình cháy lớp cốc đệm nhờ lượng ôxy dồi dào được đưa vào qua họng thổi. Phía dưới, khả năng ôxy hoá của môi trường bị mất dần và tại đáy lò giá trị này bằng 0. Trong vùng đáy, nhiệt độ của môi trường được giữ ở mức cao vì nhiệt cung cấp chỉ để trung hoà lượng nhiệt mất mát ra môi trường xung quanh qua vách và đáy lò.

- *Một số yêu cầu đối với nguyên liệu và nhiên liệu*

Yêu cầu chung đối với nhiên liệu sử dụng cho lò cao là cỡ hạt không được nhỏ hơn 20mm. Các hạt nhỏ làm tăng trở lực khí động học của cột phối liệu. Kích thước hạt hợp lý phụ thuộc vào loại nhiên liệu. Kích thước hạt của xỉ và các loại đất đá dễ chảy nằm trong khoảng 40 - 100mm. Các loại đất đá khó chảy, đôlômit, đá vôi nên sử dụng kích thước hạt nhỏ hơn, khoảng 20- 40mm. Ngoài yêu cầu về thành phần hạt, nhiên liệu cần có độ bền cơ học nhất định tương đương cường độ nén không nhỏ hơn 1,5MPa.

Yêu cầu về cường độ cơ học của hạt nhiên liệu rất cần thiết, vì khi được nạp vào lò cao, hạt nhiên liệu rơi ngay vào vùng nhiệt độ cao bị va đập bởi các hạt nguyên liệu nằm trong lớp trên. Khi các hạt nhiên liệu chuyển động xuống phía dưới chúng bị tác động bởi ma sát và áp lực, trong khi đó nhiệt độ tăng nhanh. Mặt khác đối với nhiên liệu, độ tro cần nằm trong khoảng 8 - 9% vì toàn bộ lượng tro này sẽ tham gia vào thành phần của chất nung chảy, làm ảnh hưởng đến tính chất của chất nung chảy. Ngoài ra hàm lượng lưu huỳnh của nhiên liệu không được lớn hơn 1,5%.

Loại nhiên liệu chính dùng cho lò cao thường là than cốc. Than cốc cũng có nhiều loại khác nhau, có khả năng phản ứng khác nhau. Một trong những

tính chất sử dụng quan trọng nhất của than cốc là kích thước hạt. Đường kính hạt than cốc tối đa phổ biến từ 80 - 120mm.

Năng suất lò cao có áo nước phụ thuộc vào nhiều nhân tố và dao động trong khoảng rộng. Chỉ tiêu này được đo bằng năng suất của $1m^2$ diện tích tiết diện lò trong 1 giờ tại vị trí họng thổi và giá trị này nằm trong khoảng 1200 - 3600kg/(m^2.h).

Năng suất của lò cao phụ thuộc vào loại, thành phần hạt của nguyên liệu, sự đồng đều của quá trình cấp liệu, lưu lượng không khí cấp và chi phí than cốc. Khi nung chảy xỉ, năng suất của lò cao hơn so với khi nung chảy các loại đất đá, vì quá trình nóng chảy lại của xỉ diễn ra nhanh hơn và không xảy ra phản ứng phân huỷ và đecacbonat hoá nguyên liệu. Tuy nhiên phẩm chất của bông khoáng chế tạo từ xỉ nóng chảy khá thấp.

Điều kiện làm việc bình thường của lò cao là độ đồng nhất của các hạt nhiên liệu, nguyên liệu và sự đồng đều của quá trình cấp liệu. Độ đồng nhất của kích thước hạt nhiên liệu và nguyên liệu tạo trở lực đồng đều cho sự chuyển động của dòng chất khí trong toàn bộ tiết diện của lò, giúp cho quá trình nóng chảy diễn ra một cách bình thường.

Năng suất của lò tăng khi tăng tốc độ thổi khí do thúc đẩy quá trình cháy của than cốc. Tuy vậy chỉ có thể tăng cấp khí đến mức độ nhất định nếu không sẽ làm giảm nhiệt độ của chất nung chảy, tăng độ nhớt và cuối cùng sẽ làm giảm năng suất của lò.

Khi tăng lượng dùng than cốc, nhiệt độ chất nung chảy sẽ tăng nhưng chỉ nên tăng đến một giới hạn nhất định, nếu vượt quá giới hạn này năng suất của lò sẽ giảm. Chi phí than cốc để nung chảy phối liệu, khi môđun axít μ_a = 1,2 - 1,3, nên nằm trong khoảng 17 - 20% khối lượng của phối liệu. Theo kết quả của nhiều công trình nghiên cứu, đối với mỗi mức chi phí than cốc tồn tại một lượng dùng không khí hợp lý mà ở đó nhiệt độ của chất nung chảy đạt cao nhất. Cũng theo kết quả nghiên cứu trên, khi chi phí than cốc chiếm 17 - 18% khối lượng phối liệu thì chi phí không khí là $50m^3/(m^2ph)$ và khi chi phí than cốc là 19 - 21% thì giá trị đó tăng lên 55 - $60m^3/(m^2ph)$.

Trong quá trình hoạt động của lò cao nếu sử dụng không khí lạnh thì nhiệt độ của chất nung chảy khó có thể đạt cao hơn 1350°C. Nhiệt độ của chất nung chảy và năng suất của lò cao có thể được tăng nếu sử dụng không khí nóng có nhiệt độ 400 - 500°C.

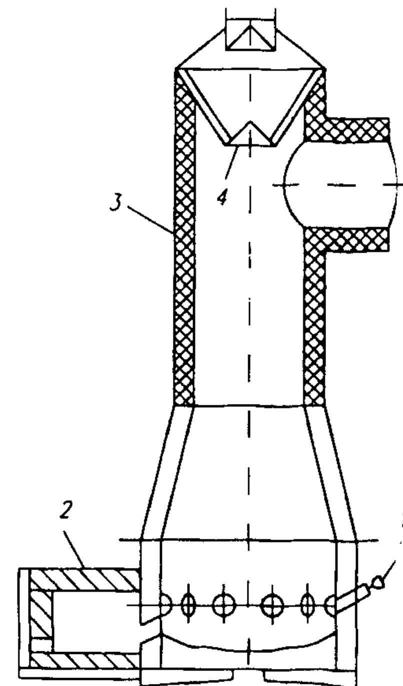
b) Lò cao sử dụng nhiên liệu than cốc và khí đốt

Trong lò cao sử dụng nhiên liệu hỗn hợp cho phép thay thế 20 - 40% than cốc bằng khí đốt làm tăng hiệu quả kinh tế của thiết bị nung chất nung chảy. Tuy nhiên các nhược điểm của lò cao dùng than cốc vẫn tồn tại trong loại lò này là làm ô nhiễm không khí. Mặt khác do quá trình bảo dưỡng phức tạp nên lò sử dụng khí đốt ngày càng phổ biến hơn.

c) Lò cao sử dụng khí đốt

Lò cao sử dụng khí đốt cho phép loại bỏ nhược điểm của lò cao sử dụng than cốc, giảm chi phí của năng lượng nhiệt xuống 2 - 3 lần, cải thiện đáng kể trình độ kỹ thuật và văn minh công nghiệp.

Cấu tạo lò cao sử dụng khí đốt (hình 4.2) gồm giếng lò mà phần dưới là buồng nung chảy nguyên liệu và đốt nóng chất nung chảy, bể chứa chất nung chảy, thiết bị nạp liệu, hệ thống cấp khí đốt, hệ thống cấp không khí, hệ thống làm nguội, bộ phận hút và lọc khí thải. Trong buồng nung chảy diễn ra quá trình cháy của khí đốt và quá trình nóng chảy của nguyên liệu. Phần dưới của buồng nung chảy, cao hơn mặt phẳng đi qua các vòi đốt, có lót một lớp vật liệu chịu lửa.



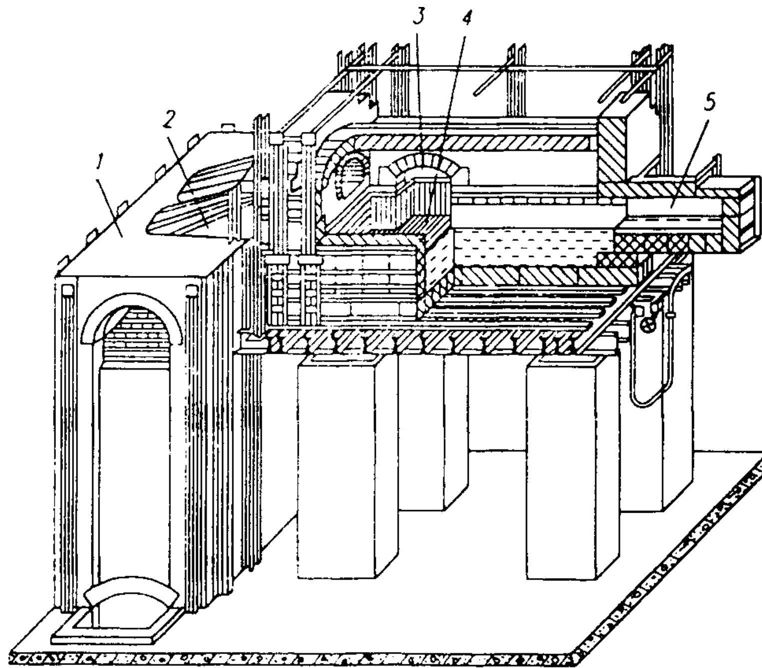
Hình 4.2: *Lò cao sử dụng khí đốt.*

1- Vòi đốt; 2- Bể chứa chất nung chảy; 3- Giếng lò có lớp lót; 4- Thiết bị nạp liệu.

d) Lò bể

Để chế tạo chất nung chảy dùng trong sản xuất bông khoáng có thể sử dụng lò bể kích thước lớn có cấu tạo tương tự lò bể dùng để nung thuỷ tinh. Nhiên liệu dùng cho lò bể có thể dạng khí hoặc dạng lỏng.

Cấu tạo của lò bể được trình bày trong hình 4.3, bao gồm bể nung chảy, vòi đốt, thiết bị trao đổi nhiệt sấy không khí theo phương đứng, thùng cấp chất nung chảy. Đáy của thùng cấp được đặt cao hơn so với đáy lò nhằm mục đích cung cấp lớp chất nung chảy có nhiệt độ cao cho cụm chế biến sợi. Để duy trì nhiệt độ cần thiết cho quá trình tạo sợi, thùng cấp chất nung chảy được trang bị một vòi đốt.



Hình 4.3: *Cấu tạo lò bể.*

1- Buồng trao đổi nhiệt; 2- Vòi đốt; 3- Lỗ nạp liệu;
4- Bể; 5- Thùng cấp chất nung chảy.

Tuỳ thuộc vào phương pháp tạo sợi, chất nung chảy được đưa ra khỏi thùng cấp bằng máng làm nguội bằng nước hoặc cửa tháo dạng tấm chắn. Phối liệu được nạp vào lò bằng thiết bị kiểu cần gạt đặt dọc hai bên thành lò. Quá trình nung chảy và gia công nhiệt của phối liệu được diễn ra trong bể. Nhiệt độ nóng chảy có thể đạt 1600°C. Cường độ làm việc của lò phần lớn phụ thuộc vào nhiệt độ, khả năng bức xạ của khí cũng như hướng và hình dạng của ngọn lửa. Năng suất của lò trên 1m^2 mặt thoáng của bể dao động trong khoảng 25 - 50kg/(m^2.h).

Kết cấu của lò bể chế tạo chất nung chảy từ các loại đất đá thiên nhiên khác với lò nấu thuỷ tinh. Chất nung chảy để chế tạo bông khoáng có màu tối hơn và không trong suốt như thuỷ tinh nóng chảy, mặt khác lại có khoảng độ nhớt hẹp do đó quá trình nung luyện chỉ diễn ra trong lớp bề mặt mỏng. Vì vậy không nên sử dụng bể có chiều sâu quá 400mm. Đối với chất nung chảy chế tạo bông khoáng không yêu cầu có độ đồng nhất cao và hàm lượng chất khí thấp như đối với thuỷ tinh nóng chảy, do đó không cần thiết phải có nhiều cửa lấy mẫu đặt xung quanh bể như ở lò nấu thuỷ tinh.

So với lò cao thì lò bể có mức độ hoàn thiện hơn về mặt công nghệ cũng như nhiệt kỹ thuật. Trong lò bể, truyền nhiệt chủ yếu diễn ra bằng bức xạ (gần 95%), điều đó cho phép điều khiển quá trình nung một cách thuận lợi

và tạo ra chất nung chảy có độ đồng nhất cao. Một trong những tính chất ưu việt của lò bể là cho phép sử dụng loại nhiên liệu rẻ tiền như khí đốt, mazút, không đòi hỏi nguyên liệu phải có độ bền cơ học vì nguyên liệu được sử dụng ở dạng nghiền với kích thước hạt từ 1 - 2mm.

Một trong những nhược điểm của lò bể là chiếm nhiều diện tích so với lò đứng có cùng công suất; bộ phận chuẩn bị phối liệu cồng kềnh như bộ phận nghiền và trộn phối liệu; chi phí nhiệt năng cao gấp 2 lần so với lò cao. Tuy vậy việc sử dụng nhiên liệu rẻ nên dù tiêu tốn nhiều nhiệt năng hơn nhưng giá thành sản phẩm vẫn không bị ảnh hưởng. Ngoài ra nhờ khả năng sử dụng phương pháp tạo sợi bằng khuôn kéo làm giảm đáng kể tổn thất nhiệt của chất nung chảy và nâng cao phẩm chất của sợi.

Mặc dù có vốn đầu tư lớn, song lò bể là kiểu lò sử dụng có hiệu quả nhất.

e) Lò hồ quang

Lò hồ quang, dùng để chế tạo chất nung chảy silicat, là một bể kim loại được làm nguội bằng nước với đường kính từ 2,5 - 3m. Bề mặt lò được phủ một lớp lót từ chất nung chảy đông cứng. Nếu sử dụng lớp lót chịu lửa có thể nóng chảy làm thay đổi thành phần hoá học của chất nung chảy. Chiều dày của lớp lót có thể thay đổi phụ thuộc vào chế độ nhiệt của lò. Quá trình nóng chảy của nguyên liệu nhờ ba điện cực bọc grafit. Các điện cực này được nối với bộ phận điều chỉnh vị trí bằng khí nén và lò xo. Nguyên liệu được nạp vào phía trên lò bằng thiết bị nạp iiệu vít tải. Chất nung chảy được chiết ra từ lò điện bằng thùng đựng đặt cao hơn đáy của lò. Các thông số nhiệt để nung chảy phối liệu có thể thay đổi thích ứng với yêu cầu công nghệ bằng cách thay đổi các thông số cấp điện. Mặt khác lò điện cho phép nung chảy phối liệu chế tạo bông khoáng sử dụng ở điều kiện nhiệt độ cao.

4.1.4. Các tính chất của chất nung chảy

Cùng với quá trình chế tạo chất nung chảy silicat diễn ra các quá trình hoá lý đa dạng phụ thuộc vào thành phần phối liệu và nhiệt độ. Trong tất cả các trường hợp đều diễn ra quá trình tạo các hợp chất silicat và thuỷ tinh. Quá trình này diễn ra trong trạng thái rắn, ngay cả ở điều kiện nhiệt độ thấp (400 - 600°C) với tốc độ phản ứng nhỏ. Quá trình tạo các hợp chất silicat diễn ra mạnh hơn khi pha lỏng xuất hiện do nóng chảy các thành phần dễ chảy của phối liệu làm xuất hiện các hợp chất σtecti.

Khả năng tương tác hoá học giữa các thành phần phối liệu được quyết định bởi quy luật nhiệt động. Khi có điều kiện thuận lợi về mặt nhiệt động, khả năng này còn được quyết định bởi các nhân tố động lực bảo đảm cho các phản ứng xảy ra. Một trong những nhân tố đó là sự tiếp xúc bề mặt. Khi diện tích tiếp xúc giữa các hạt phối liệu càng lớn, phản ứng xảy ra càng nhanh. Diện tích tiếp xúc tăng khi độ mịn của hạt tăng. Do đó khi thành phần phối liệu được nghiền mịn sẽ thúc đẩy quá trình tạo các hợp chất silicat cũng như quá trình đồng nhất hoá chất nung chảy.

Để chuyển pha rắn sang trạng thái lỏng cần chi phí năng lượng khắc phục lực tác dụng giữa các phần tử trong mạng lưới tinh thể. Sự nóng chảy chỉ diễn ra khi năng lượng dao động trung bình của các phần tử trong mạng lưới tinh thể đủ lớn để phá vỡ các mối liên hệ giữa chúng.

Hiện nay quan điểm phổ biến cho rằng hợp chất silicat là một chất lỏng ion. Chất tạo thuỷ tinh, hoặc còn gọi chất tạo mạng lưới, chính là axít silixic. Có thể nói rằng trong tất cả các dạng liên kết hoá học, liên kết giữa O^{-2} và Si^{4+} có độ bền cao nhất. Chính mối liên kết này tạo điều kiện cho sự tồn tại các phức chất chứa ôxy và silíc như những đơn vị cấu trúc độc lập của mạng lưới tinh thể. Khi nóng chảy mạng lưới tinh thể của hợp chất silicat bị phá huỷ do mối liên kết giữa các cation và anion ôxy - silíc yếu.

Mối liên kết đồng hoá trị bền vững trong các ion phức $(Si_xO_y)'$ cho phép các ion này tồn tại trong hợp chất silicat nóng chảy, giúp hình thành bộ khung ion của chất nung chảy. Bên trong bộ khung ion này gồm các liên kết đồng hoá trị, còn bên ngoài là các liên kết ion.

Các tính chất cơ bản của chất nung chảy silicat ảnh hưởng trực tiếp đến tính chất của bông khoáng như độ nhớt, sức căng bề mặt và khả năng kết tinh của nó.

a) Độ nhớt

Độ nhớt của chất nung chảy là sức cản của lớp chất nung chảy khi có sự dịch chuyển tương đối nhờ sự tồn tại của nội ma sát giữa các phân tử.

Khi không chứa các phần tử kết tinh lơ lửng thì chất nung chảy silicat là một chất lỏng Niutơn. Khi nhiệt độ thấp hơn giới hạn trên của sự kết tinh, trong chất nung chảy silicat xuất hiện những dấu hiệu hình thành cấu trúc có ảnh hưởng xấu đến chất lượng của sợi.

Độ nhớt của chất nung chảy phụ thuộc vào môđun độ nhớt:

$$M_\eta = \frac{M_{SiO_2} + 2M_{Al_2O_3}}{2M_{Fe_2O_3} + M_{FeO} + M_{CaO} + M_{MgO} + M_{K_2O} + M_{Na_2O}}$$

Trong đó: $M = \frac{\%\hat{o}xit}{m_{\hat{o}xit}}$

Với $m_{\hat{o}xit}$ là phân tử lượng của ôxít.

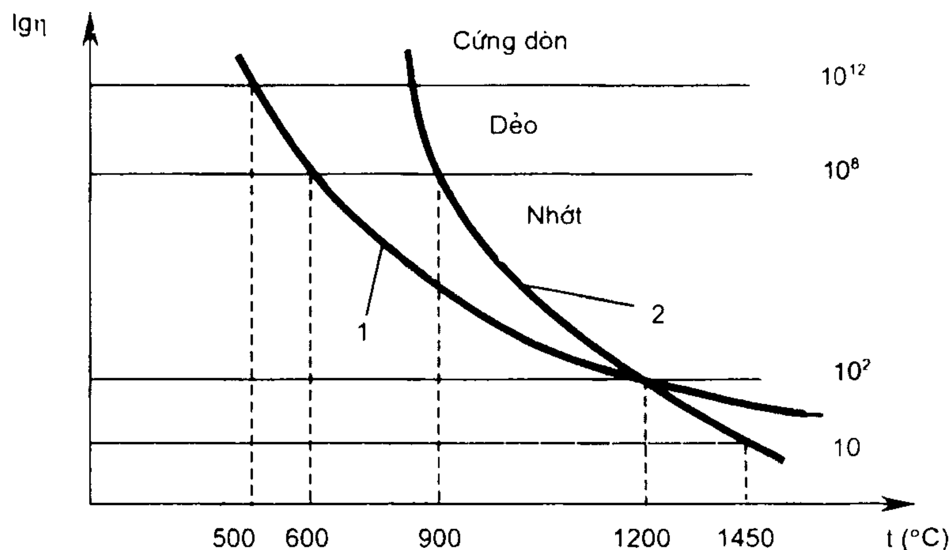
Giá trị của M_η được lấy như sau:

- Đối với lò đứng: $M_\eta \leq 1,2$.

- Đối với lò bể: $M_\eta \leq 1,4$.

Độ nhớt của chất nung chảy phụ thuộc vào nhiệt độ, khi nhiệt độ tăng thì độ nhớt giảm và ngược lại. Sự biến thiên của độ nhớt, là một đặc điểm phụ thuộc vào nhiệt độ, của các chất nung chảy khác nhau là khác nhau. Do vậy chất nung chảy được phân thành hai loại: "chất nung chảy dài" và "chất nung chảy ngắn".

Các chất nung chảy dài thường có khoảng độ nhớt rộng, nghĩa là khoảng nhiệt độ giữa trạng thái chảy lỏng và trạng thái rắn tương đối lớn. Đối với chất nóng chảy ngắn thì khoảng nhiệt độ này khá nhỏ, tức là khoảng độ nhớt hẹp.



Hình 4.4: *Biểu đồ phụ thuộc của độ nhớt vào nhiệt độ của chất nung chảy.*

Đường (1) - Chất nung chảy "dài" [Δt = 600 - 1200 °C];

Đường (2) - Chất nung chảy "ngắn" [Δt = 900 - 1200 °C].

b) Sức căng bề mặt

Sức căng bề mặt được đặc trưng bởi giá trị của lực tác dụng giữa các phân tử bề mặt (các nguyên tử, ion). Ý nghĩa vật lý của sức căng bề mặt được hình dung từ công thức thực nghiệm khi treo một trọng vật lên đầu một sợi bông khoáng bị đốt nóng đến trạng thái nhớt dẻo sau:

$$\delta = \frac{P}{\pi . r} ;(N/m)$$

Trong đó:

P - khối lượng của trọng vật và của sợi bông khoáng tính từ đầu dưới đến điểm có biến dạng bằng 0, N;

r - đường kính của sợi bông khoáng, cm.

Khi tạo ra bề mặt mới cần chi phí năng lượng để thắng sức căng bề mặt của chất nung chảy. Sức căng bề mặt càng lớn thì công sử dụng để tạo ra bề mặt mới càng lớn.

Sự thay đổi thành phần của lớp bề mặt có ảnh hưởng đáng kể đến sức căng bề mặt.

Bề mặt phân pha giữa chất nung chảy và chất khí tuân theo quy luật được biểu diễn bởi phương trình nhiệt động Gip:

$$G = -\frac{C}{RT} \cdot \frac{d\delta}{dC} ;(mol/cm^2)$$

Trong đó:

G - giá trị hấp phụ riêng;

C - hoạt độ, mol/*l*;

R - hằng số chất khí = $8{,}31.10^7$;

T - nhiệt độ tuyệt đối, °K;

dδ/dc - hoạt tính bề mặt.

Theo A. A. Appen, trong chất nung chảy, các ôxít SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Na_2O, MgO, MnO, CaO, FeO là những chất không hoạt động bề mặt (dδ/dc > 0). Các ôxít Cr_2O_3, CrO_3, SO_3, V_2O_5, WO_3 là những chất hoạt động bề mặt.

Trong tất cả các ôxít có mặt trong chất nung chảy silicat thì SiO_2 và Na_2O có sức căng bề mặt nhỏ nhất.

Ở nhiệt độ 600 - 750°C chất nung chảy có δ = 10 - 0,25N/m. Ở nhiệt độ cao hơn, sự biến đổi của sức căng bề mặt phụ thuộc không đáng kể vào nhiệt độ.

Khi giảm sức căng bề mặt sẽ ảnh hưởng có lợi cho quá trình công nghệ liên quan đến sự tăng bề mặt phân pha giữa pha nóng chảy và pha khí. Đó là những quy trình công nghệ sử dụng trong sản xuất bông khoáng, thuỷ tinh bọt, peclit phồng.

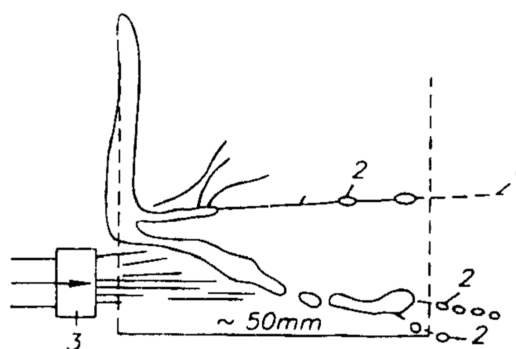
4.1.5. Các phương pháp chế biến chất nung chảy thành sợi

Hiện nay trong công nghiệp sử dụng nhiều phương pháp chế biến chất nung chảy thành sợi khác nhau. Tuy vậy các phương pháp đó được phân thành 3 nhóm chính: phương pháp thổi, gồm hai dạng: phương pháp thổi ngang và phương pháp thổi dọc khuôn kéo; phương pháp quay li tâm; phương pháp tổ hợp, gồm hai dạng: phương pháp thổi - quay li tâm và phương pháp thổi - quay li tâm có khuôn kéo.

a) Phương pháp thổi

- *Phương pháp thổi ngang*

Trong phương pháp thổi ngang, dòng chất nung chảy khi ra khỏi thùng tiếp liệu (feeder) gặp dòng không khí, hơi nước hay hỗn hợp không khí và hơi nước, có tốc độ 400 - 800m/s tác dụng gần như vuông góc với dòng chất nung chảy sẽ bị kéo thành sợi mảnh. Trong phương pháp thổi ngang, góc tác dụng của dòng chất khí, α = 15 - 20°. Chi phí hơi nước, có áp suất dư dưới 0,6MPa, khoảng 1 - 1,45 tấn cho 1 tấn bông khoáng, 2,5 tấn cho 1 tấn bông thuỷ tinh. Chi phí không khí nén từ 1000 - 3500m^3 cho 1 tấn bông các loại. Năng suất của thiết bị làm việc theo phương pháp này có thể đạt 2 tấn giờ và mỗi 1 tấn chất nung chảy tạo ra được 800 - 900kg bông khoáng có khối lượng thể tích γ_o = 160 - 260kg/m^3. Bông khoáng chủ yếu chứa sợi có đường kính 5 - 7μm, dài 6 - 10mm. Hàm lượng tạp chất, thành phần không phải là sợi, chiếm 64 - 73%. Sơ đồ quá trình hình thành sợi như hình hình 4.6.



Hình 4.5: *Sơ đồ quá trình hình thành sợi trong phương pháp thổi ngang.*

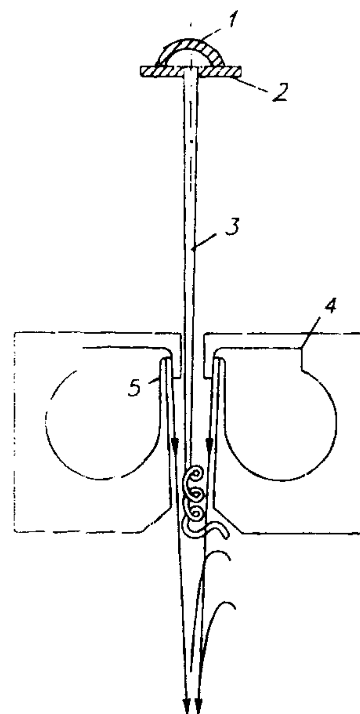
1- Sợi bông; 2- Sợi thô; 3- Họng thổi

Thời gian chất nung chảy chuyển từ trạng thái chảy lỏng sang trạng thái nhớt và dẻo đàn hồi khoảng 0,007 - 0,009s, trên quãng đường 30 - 40cm. Từ đó có thể suy ra vận tốc trung bình của sợi khoảng 45m/s. Thực tế trong phương pháp thổi ngang, quá trình tạo sợi diễn ra trong thời gian ngắn hơn vì quá trình này diễn ra trong khoảng độ nhớt 1.10^{2} - 7.10^{3}Pa.s.

Hiện nay phương pháp thổi ngang được thay thế bởi các phương pháp khác có hiệu quả cao hơn.

- *Phương pháp thổi dọc khuôn kéo*

Trong phương pháp này dòng chất nung chảy chảy qua các lỗ khuôn kéo khoan xuyên qua tấm platin - rôđi và rơi vào vùng tác động của dòng hơi nước hoặc không khí từ các họng thổi (đặt dưới một góc khoảng 11° so với phương thẳng đứng). Năng suất của thiết bị tạo sợi có thể đạt 600kg/h. Bông khoáng được chế tạo theo phương pháp này chứa một lượng rất nhỏ tạp chất không phải là sợi, khối lượng thể tích đạt khoảng 40 - 90kg/m^3. Đường kính trung bình của sợi bông khoáng khoảng 7μm, còn với sợi thuỷ tinh là 12μm, chiều dài của sợi tương ứng là 9 - 27mm và 50 - 80mm. Cứ 1 tấn bông khoáng cần chi phí 2,5 - 9 tấn hơi nước hoặc 2500 - 13400m^3 không khí.



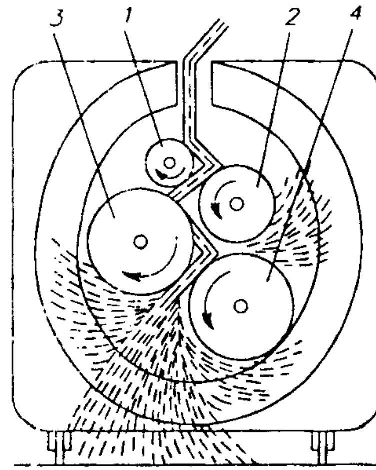
Hình 4.6: Sơ đồ phương pháp thổi dọc khuôn kéo.

1- Lưới; 2- Lỗ khuôn kéo; 3- Dòng chất nung chảy; 4- Ống góp; 5- Họng thổi.

b) Phương pháp quay li tâm

Chất nung chảy khi ra khỏi thiết bị nung sẽ rơi lên bề mặt của trục ly tâm thứ nhất có đường kính 150mm quay với vận tốc 3000v/ph. Vận tốc dài của trục là 24m/s. Trục này có vai trò biến chất nung chảy thành màng mỏng hoặc các giọt bắn lên bề mặt của trục ly tâm thứ hai có đường kính 200mm quay với vận tốc 3500v/ph, tương đương với vận tốc dài là 37m/s. Tiếp sau trục 2 là trục ly tâm thứ 3 có đường kính 250mm, quay với vận tốc 4500v/ph, tương đương vận tốc dài 59m/s. Trục thứ 4 của cụm tạo sợi có đường kính bằng 250mm, quay với vận tốc 5000v/ph, tương đương vận tốc dài 65m/s.

Sau khi được tạo, sợi ra sẽ giảm dần tốc độ và bị quạt hút hút vào buồng lắng sợi. Tại đây sợi sẽ lắng xuống bề mặt băng tải lưới. Các tạp chất không phải sợi rơi xuống bề mặt thiết bị vận chuyển (băng tải tấm, vít tải hoặc xe skip), sau đó được đưa ra khỏi phân xưởng. Năng suất của thiết bị tạo sợi dạng này đạt trên 2,5tấn/h. Chi phí điện năng khoảng 10kWh cho 1 tấn bông khoáng. Mỗi tấn chất nung chảy có thể chế tạo được 700kg bông khoáng, có chứa đến 13% tạp chất có đường kính lớn hơn 0,25mm. Khối lượng thể tích của bông trung bình đạt 90kg/m^3 và đường kính sợi gần 7μm.

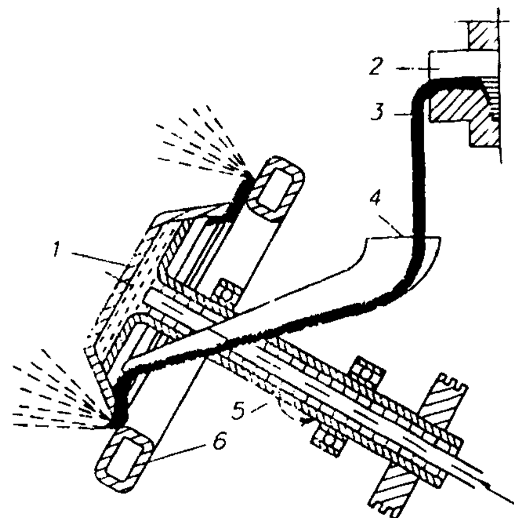


Hình 4.7: *Sơ đồ chế biến chất nung chảy theo phương pháp quay ly tâm.*

c) Phương pháp tổ hợp

- *Phương pháp thổi - quay ly tâm*

Đây là phương pháp được ứng dụng rộng rãi. Thiết bị kiểu này có thể chế biến được 2,6 tấn chất nung chảy trong 1 giờ. Một tấn chất nung chảy chế tạo được 750 - 780kg bông khoáng có khối lượng thể tích 80 - 110kg/m^3, với đường kính sợi trung bình từ 6,5 - 9μm, dài 18 - 23mm. Chi phí hơi nước khoảng 1,2 - 1,6 tấn hay 1400m^3 không khí cho 1 tấn chất nung chảy.



Hình 4.8: *Sơ đồ tạo sợi theo phương pháp thổi - quay ly tâm.*

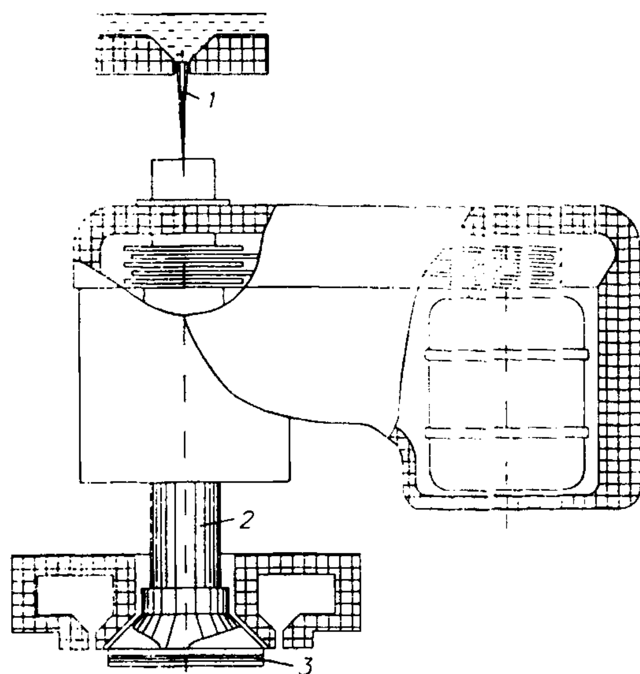
1- Đĩa quay phân phối; 2- Thùng cấp chất nung chảy; 3- Dòng chất nung chảy; 4- Máng nghiêng; 5- Trục quay; 6- Bình tích áp có gắn các họng thổi

Dòng chất nung chảy, sau khi ra khỏi thùng cấp, chảy theo máng nghiêng có bộ phận làm nguội bằng nước được rót vào mặt trong của đĩa phân phối. Đĩa này quay với vận tốc 100 - 1160v/ph. Khi đĩa quay, chất nung chảy sẽ phân bố theo đường tròn dọc theo mép của đĩa quay dưới dạng màng, dòng hay giọt và nhờ có lực quán tính ly tâm chúng sẽ bứt ra khỏi mép đĩa quay. Sau đó chất nung chảy tiếp tục bị kéo thành sợi mảnh nhờ hơi

nước hay khí nén thổi từ 80 họng thổi dạng hình côn với đường kính phía trong 7mm đường kính ngoài 3mm. Họng thổi được gắn trên ống góp hình vành khăn chứa hơi nước áp suất dư 0,45 - 0,5MPa. Đĩa quay được đúc từ đồng đỏ liền khối dày 12mm hoặc từ thép. Trong tất cả các trường hợp đĩa quay đều có khoang làm nguội. Trục quay của đĩa là một ống đường kính 35 - 40mm, phía trong có ống bằng đồng dẫn nước làm nguội đến đĩa quay.

- *Phương pháp thổi - quay ly tâm - khuôn kéo*

Sơ đồ nguyên lý của thiết bị tạo sợi theo phương pháp này được nêu trong hình 4.9; cấu tạo gồm trục rỗng quay với vận tốc 3000v/ph, phần dưới của trục rỗng loe rộng được khoan 5000 - 6000 lỗ có đường kính 1 - 2mm. Đầu loe của trục được đốt nóng bởi dòng khí đi ra từ họng thổi có nhiệt độ trên 1150°C và có thành gồm hai lớp: lớp ngoài từ hợp kim khó chảy, lớp trong từ hợp kim có khả năng chống ăn mòn bởi chất nung chảy và chịu mài mòn (hợp kim của platin với vônfram, môlipđen). Các lỗ khuôn kéo được khoan qua cả hai lớp. Đường kính đầu trong từ 0,5 - 0,6mm và đầu ngoài là 1mm.



Hình 4.9: Sơ đồ thiết bị tạo sợi theo phương pháp thổi - quay ly tâm - khuôn kéo.

4.1.6. Công nghệ chế tạo các sản phẩm từ bông khoáng

a) Phân loại các sản phẩm từ bông khoáng

Sản phẩm bông khoáng được phân thành: sản phẩm dạng khối, chiếc gồm có: các tấm, vỏ trụ, bán trụ, rẻ quạt; sản phẩm dạng cuộn gồm có: thảm, đệm bông khoáng khâu không có chất kết dính và thảm đệm có chất kết dính

tổng hợp; sản phẩm dạng dây, chão, thừng và sản phẩm dạng sợi rời rạc như bông khoáng vê viên.

Bông khoáng vê viên làm cho sản phẩm có tính chảy, tạo thuận lợi cho quá trình thi công lớp cách nhiệt. Đồng thời trong quá trình vê viên có thể cải thiện tính chất của sản phẩm đó bằng cách loại bỏ tạp chất, giảm khối lượng thể tích và tăng tính đàn hồi. Tuy nhiên việc sử dụng bông khoáng vê viên không loại bỏ hết nhược điểm của bông khoáng trong quá trình sử dụng, điều này làm hạn chế phạm vi sử dụng của bông khoáng vê viên.

Các sản phẩm dạng dây chão và thảm, đệm khâu được chế tạo không sử dụng chất kết dính. Chão, thừng bông khoáng được chế tạo bằng cách nhồi bông khoáng nghiền vào ruột của vỏ dệt từ thép sợi, vải amiăng, vải thuỷ tinh hoặc giấy không thấm nước.

Các dạng sản phẩm còn lại được chế tạo với sự có mặt của chất kết dính.

b) Chất kết dính sử dụng trong chế tạo sản phẩm bông khoáng

Đối với sản phẩm từ bông khoáng thường sử dụng chất kết dính hữu cơ. Chất kết dính vô cơ tuy có nhiều ưu điểm như giá thành thấp, có nhiều, không độc hại nhưng ít được sử dụng vì khả năng bám dính với sợi bông khoáng thấp, do đó sản phẩm có cường độ cơ học thấp và khối lượng thể tích lớn.

- *Chất kết dính hữu cơ*

Chất kết dính hữu cơ thường sử dụng trong sản xuất bông khoáng là bitum, nhựa tổng hợp và tinh bột; trong đó nhựa tổng hợp tỏ ra có hiệu quả nhất. Nhựa tổng hợp cần đáp ứng một số yêu cầu cơ bản như: có khả năng bám dính tốt với sợi và có cường độ cao sau khi rắn chắc; có khả năng hoà tan trong nước hoặc tạo nhũ tương bền với nước; ít co; sau khi đóng rắn có độ bền nước và độ bền nhiệt độ cao; không thải ra chất khí độc hại.

Trong sản xuất sản phẩm từ sợi bông khoáng và thuỷ tinh, nhựa phênol fomanđêhit là loại chất kết dính được sử dụng rộng rãi nhất.

- Nhựa phênolfomanđêhit: là sản phẩm trùng ngưng của phênol và fomanđêhit có chất xúc tác kiềm yếu, tan trong nước. Nhựa phênol-fomanđêhit đáp ứng hầu hết các yêu cầu đối với chất kết dính dùng cho sản phẩm bông khoáng. Tuy nhiên nó có tính độc, tuổi thọ kém và màng chất kết dính sau khi đông cứng thường giòn.

- Nhựa cacbamit: được điều chế từ urê và fomandêhit, giá thành rẻ, song kém ổn định. Khi fomandêhit không phản ứng hết sẽ hút ẩm và gây nứt nẻ. Sản phẩm được đặc trưng bởi cường độ cơ học cao, khả năng cách nhiệt tốt. Tuy nhiên sản phẩm với chất kết dính từ nhựa cacbamit kém bền nước hơn so với khi sử dụng nhựa phênolfomandêhit.

Ngoài các loại chất kết dính kể trên có thể dùng chất kết dính bitum - bentônit, tinh bột - bentônit.

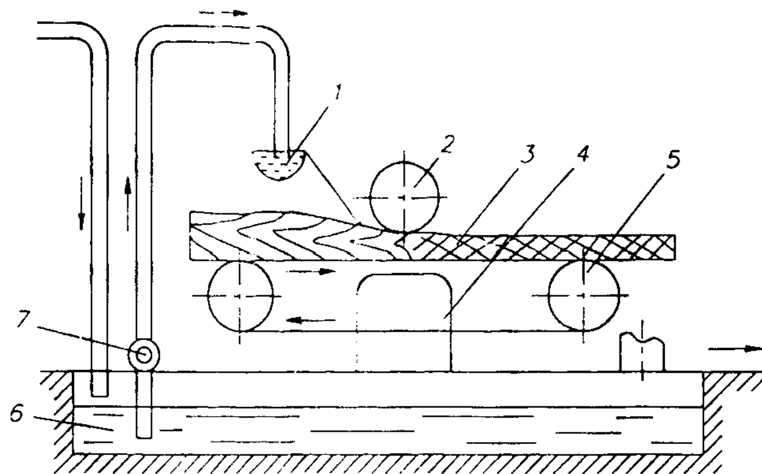
c) Các phương pháp đưa chất kết dính vào sản phẩm bông khoáng

Tuỳ thuộc vào tính chất của sản phẩm cũng như loại chất kết dính có thể sử dụng các phương pháp như: phun chất kết dính, tưới, tẩm chất kết dính; tiếp sau là ép và hút chân không, nhào trộn, tạo khối thuỷ.

- *Phương pháp phun trực tiếp*

Theo phương pháp này, chất kết dính - hoặc dung dịch chất kết dính có khối lượng thể tích nhỏ, dùng để sản xuất vật liệu cách nhiệt dạng cuộn, tấm mềm và tấm bán cứng - được đưa trực tiếp vào colectơ của miệng thổi chất nung chảy hay cho vào trong trục rỗng của các trục quay ly tâm. Lúc đó chất kết dính ở trạng thái giọt nhỏ khi quay ly tâm sẽ bám lên bề mặt bông khoáng khi các sợi đang bay lơ lửng trong buồng lắng sợi.

- *Phương pháp tẩm bông khoáng bằng dung dịch chất kết dính*



Hình 4.10: *Sơ đồ phương pháp tưới tẩm chất kết dính lên thảm bông khoáng có hút chân không.*

1- Thùng chứa chất kết dính có máng rót; 2- Trục ép; 3- Thảm bông khoáng; 4- Ống nhánh; 5- Băng tải; 6- Bể chứa dung dịch chất kết dính; 7- Máy bơm.

Phương pháp này được áp dụng trong công nghệ tấm cứng. Dung dịch chất kết dính được phun lên thảm bông khoáng bằng các vòi phun đặt theo phương vuông góc với tấm thảm, tạo ra dòng liên tục. Phía dưới thảm có các zôn hút chân không và phía trên có trục ép tạo cho chất kết dính thâm nhập tốt vào thảm bông khoáng.

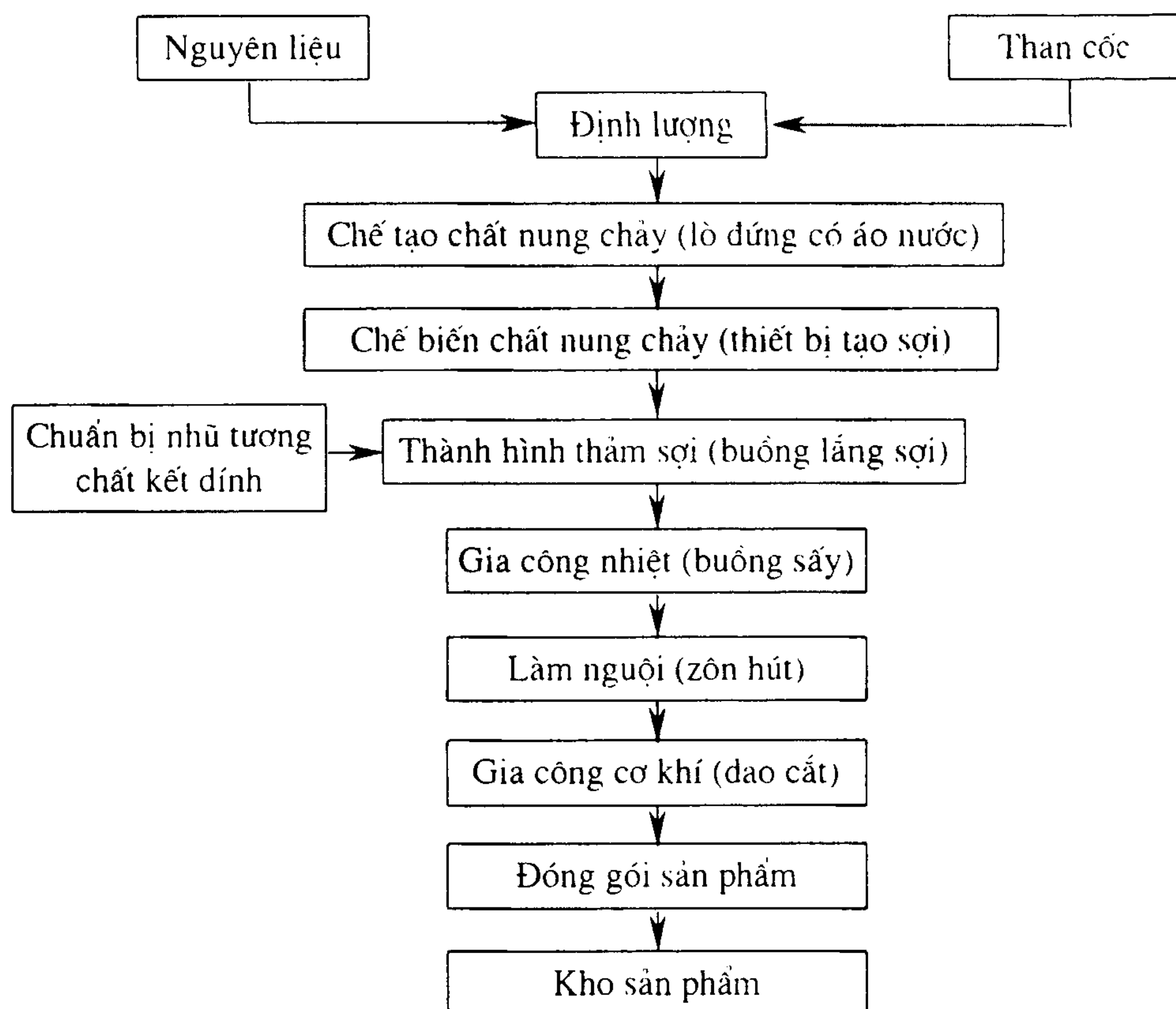
- *Phương pháp trộn trực tiếp chất kết dính với sợi bông khoáng*

Phương pháp này nhằm tạo ra hỗn hợp dạng khối thuỷ để tạo hình theo phương pháp đúc rót; ngoài ra còn được sử dụng để chế tạo các sản phẩm có độ cứng cao với hàm lượng chất kết dính từ 8 - 10%.

c) Công nghệ chế tạo các sản phẩm bông khoáng

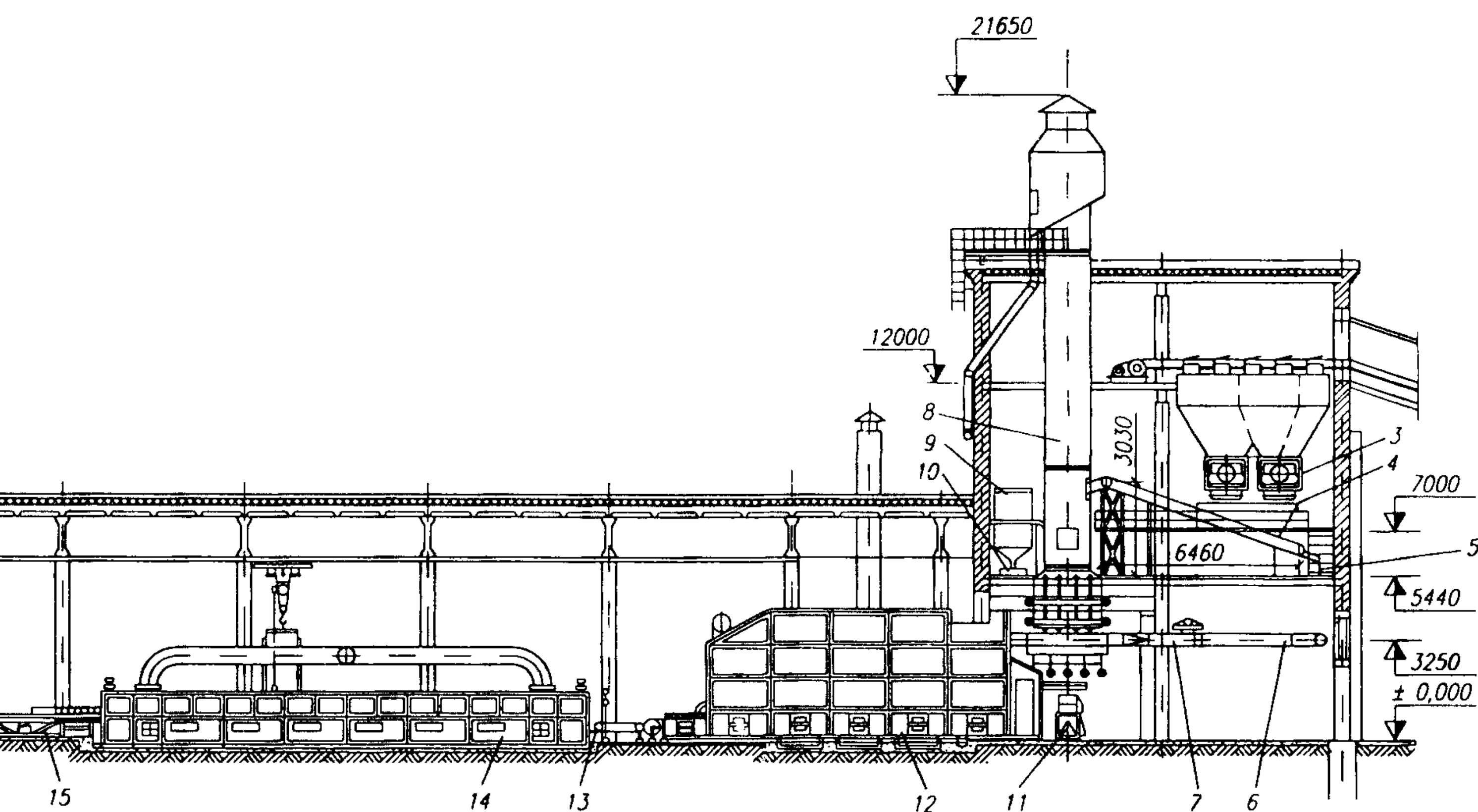
Dưới đây là một ví dụ về công nghệ chế tạo tấm mềm và bán cứng có chất kết dính nhựa tổng hợp.

Sơ đồ nguyên lý chế tạo sản phẩm bông khoáng với chất kết dính hữu cơ - sản phẩm tấm mềm và tấm bán cứng



nh 4.11: Sơ đồ công nghệ của dây chuyền sản xuất tấm bông khoáng.

tải: 2- Buke chứa: 3- Thiết bị định lượng theo khối lượng: 4- Phễu tiếp nhận: cung cấp băng tải: 6- Ống dẫn không khí: 7- Thiết bị điều chỉnh lưu lượng không Lò cao: 9- Thùng đựng chất kết dính: 10- Thiết bị định lượng: 11- Cụm thiết bị tạo Buồng lắng sợi: 13- Băng tải trung gian: 14- Buồng gia công nhiệt: 15- Dây dùng cho sản phẩm: 16- Dao cắt biên: 17- Dao cắt ngang.



Chế độ gia công nhiệt cũng được chọn phụ thuộc vào loại chất kết dính.

4.2. SỢI THUỶ TINH VÀ CÁC SẢN PHẨM TỪ SỢI THUỶ TINH

Sợi thuỷ tinh là vật liệu dạng sợi được chế tạo từ thuỷ tinh nóng chảy. Sợi thuỷ tinh có cấu trúc dạng thuỷ tinh.

Cấu trúc dạng thuỷ tinh là trạng thái riêng biệt của vật thể rắn, khác với trạng thái lỏng và trạng thái kết tinh.

Theo Menđêlêep quan niệm, thuỷ tinh là một chất lỏng nhiệt độ cao bị làm nguội nhanh.

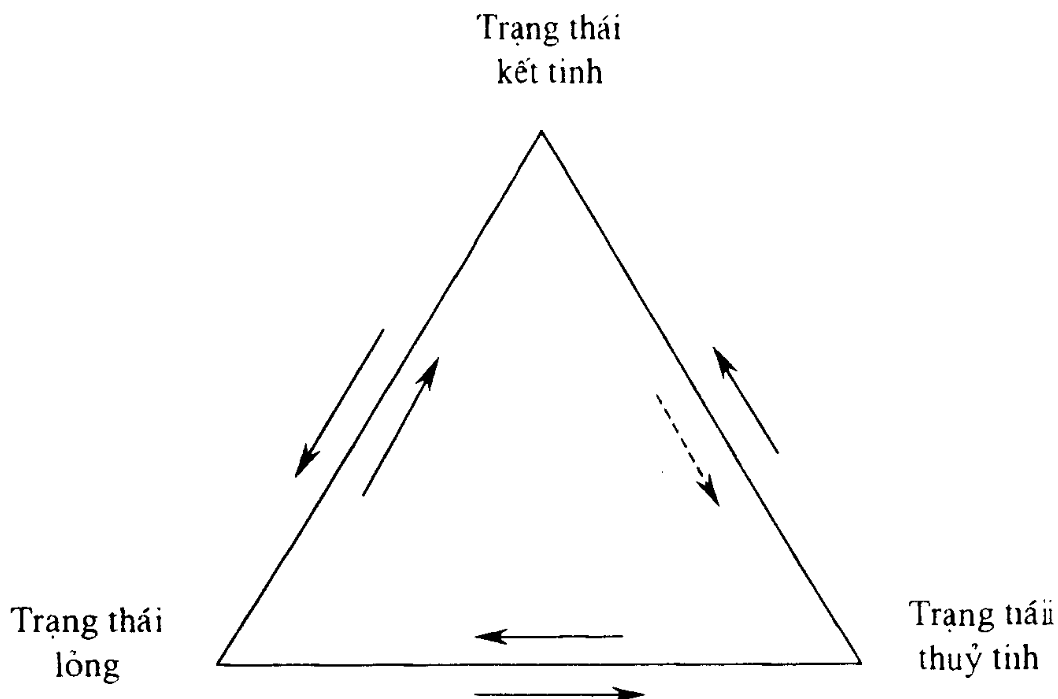
Lêbêđep đã đề xuất thuyết mầm tinh thể để giải thích một cách khoa học cấu trúc thuỷ tinh. Theo đó mầm tinh thể được đặc trưng bởi tính trật tự, bất đẳng hướng và liên tục ở bên trong, càng đi ra ngoài càng trở nên không trật tự, đẳng hướng và không liên tục (tức vô định hình).

Tóm lại thuỷ tinh không phải là vật kết tinh, vật vô định hình mà là vật thể có cấu trúc thuỷ tinh.

Cường độ của sợi thuỷ tinh chủ yếu là do lực liên kết của mạch ôxy - silic quyết định, liên kết này được biểu diễn như sau:



Cấu trúc dạng thuỷ tinh được tạo ra bằng cách làm nguội nhanh thuỷ tinh ở trạng thái lỏng, song không thể tạo ra cấu trúc thuỷ tinh từ trạng thái kết tinh mà không qua quá trình nóng chảy.



4.2.1. Tính chất của sợi thuỷ tinh

Sợi thuỷ tinh được sản xuất từ thuỷ tinh nung chảy. Đặc điểm công nghệ chế tạo, tính chất bông thuỷ tinh do thành phần hoá học của nó quyết định.

Sợi thuỷ tinh có nhiều ưu điểm như: cường độ cơ học và độ bền sinh học cao, có khả năng bền nhiệt, ít hút ẩm, có tính cách điện và bền hoá. Để sản xuất sợi thuỷ tinh có thể sử dụng nguyên liệu là thuỷ tinh kiềm tính và thuỷ tinh borat ít kiềm.

Bảng 4.2. Thành phần hoá học của một số loại thuỷ tinh

Ôxít (%)	SiO_2	Al_2O_3	B_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O
Thuỷ tinh kiềm	50 - 72	1 - 6	0 - 3	0,2 - 1	5 - 20	2 - 7	8 - 20
Thuỷ tinh chứa Bo (ít kiềm)	53 - 60	12 - 16	5 - 10	0,2	7 - 23	4 - 8	0,5 - 2

Thuỷ tinh với hàm lượng B_2O_3 lớn thường bền nhiệt, bền hoá hơn song borat hiếm và khá đắt, do đó sợi thuỷ tinh cách nhiệt thường được chế tạo từ thuỷ tinh kiềm tính. Độ bền nhiệt độ của sợi thuỷ tinh ít kiềm là 600°C và kiềm tính là 450°C.

Tuỳ thuộc vào chiều dài sợi, sợi thuỷ tinh phân thành: sợi liên tục và sợi ngắn (l = 1 - 50cm); sợi dệt d_{tb} = 3 - 7μm và sợi cách nhiệt có đường kính trung bình từ một vài μm đến 30μm.

4.2.2. Nguyên vật liệu để chế tạo thuỷ tinh nung chảy

Để sản xuất sợi thuỷ tinh cần sử dụng một số loại nguyên vật liệu chủ yếu sau: cát thạch anh, đất sét nhôm, axít $B(OH)_3$ là các chất chứa ôxít axít; xôđa (Na_2CO_3), natri sunfat (Na_2SO_4), bồ tạt (K_2CO_3) là các chất chứa ôxít kiềm; đá vôi, đá phấn, đôlômit là các chất chứa ôxít kiềm thổ. Một số loại vật liệu có chứa hai loại ôxít như fenspat (SiO_2, Al_2O_3), v.v...

- *Xác định thành phần phối liệu của sợi thuỷ tinh*

Để xác định tỷ lệ phối hợp giữa các loại vật liệu cần cho trước thành phần hoá học của thuỷ tinh nóng chảy và thành phần hoá học của các loại nguyên vật liệu ban đầu.

Ví dụ: Thành phần hoá của sợi thuỷ tinh theo tỷ lệ phần trăm như sau:

SiO_2 = 58,5; Al_2O_3 = 4,5; B_2O_3 = 1,5; CaO = 18; MgO = 6; Na_2O = 11,5.

Bảng 4.3. Thành phần hoá của 6 loại vật liệu chính

Vật liệu	Ký hiệu	SiO_2	Na_2O	CaO	MgO	Al_2O_3	Fe_2O_3	B_2O_3	MKN
Cát	x	98,95	-	0,58	-	0,64	0,13	-	0,11
Xôđa	t	-	57,2	-	-	-	-	-	42,8
Đá phiến	g	1,47	-	53,9	-	-	0,6	-	43,9
Đôlômit	y	3,2	-	27,06	19,62	2,57	0,53	-	47,77
Đất sét nhôm kỹ thuật	z	0,4	-	0,35	-	97,9	0,05	-	1,29
Borat ($Na_2B_4O_7.10H_2O$)	*l*	0,1	16,5	-	-	-	-	36,6	47,2

Tổng hàm lượng ôxít silic là 58,5% vậy:

$$58,5 = 0,9895x + 0,0117g + 0,032y + 0,004z + 0,001l$$

Tổng hàm lượng ôxít nhôm, Al_2O_3:

$$4,5 = 0,0064x + 0,257y + 0,979z$$

Tổng hàm lượng ôxít Bo, B_2O_3:

$$1,5 = 0,366l \Rightarrow l = 4,1$$

Tổng hàm lượng ôxít canxi, CaO:

$$18 = 0,0058x + 0,538g + 0,2706y + 0,0035z$$

Tổng hàm lượng ôxít magiê, MgO:

$$6 = 0,1962y \Rightarrow y = 30,55$$

Tổng hàm lượng ôxít natri Na_2O:

$$11,5 = 0,572t + 0,1615l \Rightarrow 11,5 = 0,572t + 0,1615.4,1 \Rightarrow t = 19$$

Sau khi giải hệ phương trình kết quả tìm được như sau:

$$x = 58;\ y = 30,55;\ t = 19;\ z = 4,17;\ g = 17,49;\ l = 4,1$$

Lượng xôđa bay hơi trong quá trình nấu thuỷ tinh bằng 3,2%, do vậy lượng xôđa cần có là: 19/1,032 = 19,61 phần.

Có thể kiểm tra lại thành phần SiO_2:

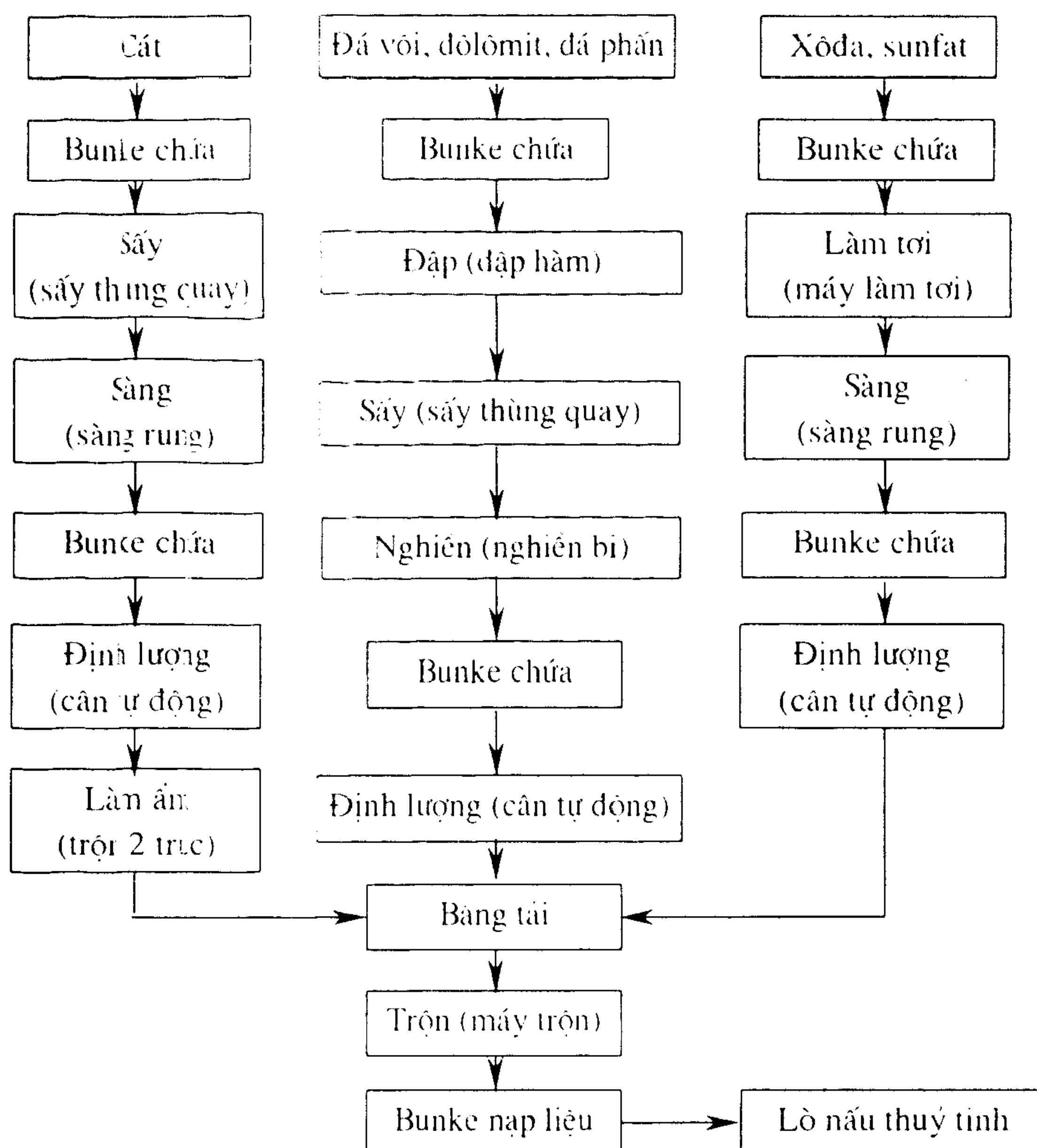
$$SiO_2 = \frac{58.98,95 + 30,55.3,2 + 17,49.1,47 + 4,17.0,4 + 4,1.0,1}{100} = 58,6\%$$

4.2.3. Công nghệ sản xuất sản phẩm cách nhiệt từ sợi thuỷ tinh

Công đoạn chính trong sản xuất sợi thuỷ tinh là nấu thuỷ tinh từ phối liệu được chuẩn bị trước, chế tạo sợi và thành hình sản phẩm. Thuỷ tinh thường được nấu trong lò bể. Sợi thuỷ tinh có thể được chế tạo bằng các phương pháp sử dụng trong chế tạo bông khoáng. Ngoài ra còn có thể áp dụng các phương pháp khác như: phương pháp thổi, phương pháp khuôn kéo để chế tạo sợi liên tục.

Sản phẩm bông thuỷ tinh gồm các loại sau: sản phẩm dạng khối, chiếc như gạch, tấm, vỏ trụ, rẻ quạt; sản phẩm dạng cuộn như thảm, đệm, chão; sản phẩm dạng sợi như sợi thuỷ tinh rời.

Sơ đồ nguyên lý chế tạo thuỷ tinh nóng chảy



Bảng 4.4. Một số tính chất của sản phẩm sợi thuỷ tinh

Sản phẩm	Khối lượng thể tích (kg/m³)	Hệ số dẫn dòng (W/m.°C)	Nhiệt độ sử dụng (t°C)
Thảm đệm bông thuỷ tinh không có chất kết dính:			
- Thảm khâu bọc lưới thép;	60 - 70	0,07 - 0,087	500
- Không bọc	80 - 100	0,03 - 0,033	500
Thảm đệm bông thuỷ tinh có chất kết dính tổng hợp	35 - 50	0,037 - 0,041	150
Tấm bông thuỷ tinh có chất kết dính hữu cơ:			
- Tấm bán cứng;	50 - 75	0,041 - 0,046	150
- Tấm cứng	100 - 150	0,041 - 0,046	150
Thừng chão	90	0,052	450

- *Ứng dụng các sản phẩm công nghiệp từ bông thuỷ tinh*

Các sản phẩm ứng dụng tương tự sản phẩm từ bông khoáng, tuy nhiên ản phẩm từ bông thuỷ tinh có khả năng chịu tác động rung, do đó thường được sử dụng cách nhiệt cho các đường ống chịu tác động rung, va đập; cách nhệt cho các bộ phận di động của tàu hoả, tàu thuỷ, máy bay và dùng cho nục đích cách âm.

Giá thành của sản phẩm công nghiệp từ bông thuỷ tinh đắt hơn so với ản phẩm công nghiệp từ bông khoáng, do vậy sản phẩm này thường được ản xuất với khối lượng hạn chế.

Chương V

THUỶ TINH TỔ ONG

Thuỷ tinh tổ ong (thuỷ tinh bọt, thuỷ tinh khí) là loại vật liệu cách nhiệt, cách âm, cứng, dạng tấm, blốc hay nửa trụ, được chế tạo từ khối thuỷ tinh có chứa các bọt khí phân bố đồng đều. Đây là một loại vật liệu cách nhiệt đặc biệt có sự kết hợp cường độ cơ học cao với khối lượng thể tích nhỏ.

Cấu trúc rỗng của thuỷ tinh tổ ong được tạo bởi các phương pháp sau đây:

- Làm sủi bọt khối thuỷ tinh nóng chảy trong lò nấu thuỷ tinh hay trong các thiết bị đặc biệt bằng cách đưa vào phối liệu các chất tạo khí trong quá trình nấu chảy thuỷ tinh hoặc thổi không khí hay chất khí vào khối thuỷ tinh nóng chảy.

- Làm sủi bọt khối thuỷ tinh nóng chảy bằng cách giảm áp suất để các chất khí hoà tan trong thuỷ tinh nóng chảy bay hơi.

- Nung thiêu kết hỗn hợp bột thuỷ tinh nghiền mịn với bọt kỹ thuật, tức khoáng hoá khô bọt. Phương pháp này còn được gọi là "phương pháp nguội" vì quá trình tạo hình sản phẩm từ hỗn hợp đã được làm rỗng xốp trong điều kiện nhiệt độ bình thường.

- Nung thiêu kết hỗn hợp bột thuỷ tinh nghiền mịn với chất tạo khí. Chất khí sinh ra trong khi bột thuỷ tinh bị làm mềm có tác dụng làm phồng nở lấp kín khuôn. Phương pháp này còn được gọi là "phương pháp bột".

5.1. CÁC TÍNH CHẤT CỦA THUỶ TINH BỌT

Việc ứng dụng phương pháp bột để chế tạo thuỷ tinh bọt cho phép điều chỉnh tính chất của sản phẩm trong phạm vi rộng. Tính chất của thuỷ tinh bọt phụ thuộc vào thành phần của thuỷ tinh, loại chất tạo khí và chế độ gia công nhiệt.

Thuỷ tinh bọt bao gồm các dạng sau: thuỷ tinh bọt cách nhiệt dùng trong xây dựng; thuỷ tinh bọt cách âm; thuỷ tinh bọt đặc biệt sử dụng trong điều kiện nhiệt độ cao. Tuỳ theo mục đích sử dụng mà sản phẩm thuỷ tinh bọt có thể có tính chất khác nhau.

5.1.1. Độ rỗng của thuỷ tinh bọt

Ngoài thuỷ tinh bọt dùng cho mục đích cách âm và lọc, hầu hết các loại thuỷ tinh bọt còn lại đều có cấu trúc rỗng kín. Thuỷ tinh bọt cách âm dùng để lọc có cấu trúc rỗng hở. Lỗ rỗng trong tất cả các loại thuỷ tinh bọt đều có kích thước nhỏ. Độ rỗng của thuỷ tinh bọt từ 80 - 95%. Ngoài các lỗ rỗng có vách từ thuỷ tinh, trong vật liệu của vách rỗng còn chứa nhiều các lỗ rỗng nhỏ li ti. Kích thước các lỗ rỗng vĩ mô trong thuỷ tinh bọt nằm trong khoảng 0,1 - 2(3)mm, còn các lỗ rỗng vi mô là vài micrômet. Tính chất rỗng của thuỷ tinh bọt phụ thuộc vào thành phần hoá của thuỷ tinh cũng như loại chất tạo khí. Từ thuỷ tinh có nhiệt độ bắt đầu kết tinh thấp, sản phẩm thu được sẽ có cấu trúc rỗng hở.

5.1.2. Khối lượng thể tích của thuỷ tinh bọt

Khối lượng thể tích của thuỷ tinh bọt được điều chỉnh bằng cách thay đổi nhiệt độ, thời gian phồng nở cũng như loại chất tạo khí và độ nghiền mịn của chất tạo khí và bột thuỷ tinh. Sự phụ thuộc giữa khối lượng thể tích của sản phẩm vào nhiệt độ phồng nở của các loại chất tạo khí khác nhau được nêu trong hình 5.1. Khối lượng thể tích của thuỷ tinh bọt dao động trong khoảng từ 150 - 800kg/m^3.

Hầu hết các tính chất lý học của thuỷ tinh bọt đều phụ thuộc vào khối lượng thể tích. Tuy nhiên không phải lúc nào cũng có thể biểu diễn mối tương quan giữa các tính chất của thuỷ tinh bọt với khối lượng thể tích bằng các biểu thức toán học.

5.1.3. Cường độ của thuỷ tinh bọt

So với các loại vật liệu có cấu trúc tổ ong khác, thuỷ tinh bọt có cường độ cơ học cao. Ví dụ thuỷ tinh tổ ong và bê tông tổ ong cùng có mác 300, hệ số phẩm chất tương ứng bằng 10 và 3,3. Thuỷ tinh bọt có cường độ cao là nhờ cường độ cao của pha thuỷ tinh.

Cường độ nén của thuỷ tinh tổ ong, daN/cm^2 có thể xác định bằng công thức thực nghiệm sau đây:

$$R_n = 0,2\gamma_o - 20 \qquad (5\text{-}1)$$

Công thức này thường áp dụng cho giá trị γ_o của thuỷ tinh bọt nằm trong khoảng từ 150 - 700kg/m^3.

5.1.4. Độ hút nước của thuỷ tinh bọt

Độ hút nước của thuỷ tinh bọt có lỗ rỗng kín dao động từ 1 - 10% theo thể tích; trong đó nước chủ yếu hấp phụ lên bề mặt các lỗ rỗng bị vỡ trên bề mặt sản phẩm. Độ hút nước của thuỷ tinh bọt có lỗ rỗng hở đạt 70 - 80% theo thể tích. Độ bền của thuỷ tinh bọt dưới tác dụng lâu dài của nước rất lớn, còn độ hút ẩm của thuỷ tinh bọt rất nhỏ.

5.1.5. Độ bền băng giá của thuỷ tinh bọt

Thuỷ tinh bọt là một loại vật liệu bền băng giá khi bề mặt của nó được bảo vệ không bị làm ướt, do đó tránh được sự phá hoại do nước đóng băng trong các lỗ rỗng hở nằm trên bề mặt.

5.1.6. Độ dẫn nhiệt của thuỷ tinh bọt

Thuỷ tinh bọt có độ dẫn nhiệt nhỏ do có độ rỗng lớn đồng thời pha thuỷ tinh của vách rỗng cũng có hệ số dẫn nhiệt nhỏ. Độ dẫn nhiệt của thuỷ tinh bọt dao động trong khoảng 0,055 - 0,085W/(m.°C).

5.1.7. Độ bền nhiệt độ của thuỷ tinh bọt

Thuỷ tinh bọt là vật liệu không cháy có khả năng chịu được nhiệt độ gần đến nhiệt độ mềm của thuỷ tinh.

Nhiệt độ sử dụng tới hạn của thuỷ tinh bọt từ các loại thuỷ tinh công nghiệp loại thường khi không có sự thay đổi nhiệt độ đột ngột, dao động trong khoảng 400 - 500°C.

Đối với thuỷ tinh bọt ít kiềm nhiệt độ sử dụng t_{sd} = 600°C. Với thuỷ tinh bọt có hàm lượng SiO_2 cao có thể có t_{sd} = 1000°C.

5.1.8. Tính hút âm của thuỷ tinh bọt

Thuỷ tinh bọt có cấu trúc lỗ rỗng kín với tần số âm có giá trị trong khoảng f = 600 -1200Hz và hệ số hút âm k = 0,5 - 0,65, nhằm thoả mãn yêu cầu đối với vật liệu hút âm.

5.1.9. Cơ sở hoá lý của quá trình chế tạo thuỷ tinh bọt từ bột nghiền mịn

Khi đốt nóng, các hạt thuỷ tinh bị mềm. Đối với hầu hết các loại thuỷ tinh, quá trình này xảy ra ở điều kiện nhiệt độ 600°C. Độ nhớt của vật liệu

trong giai đoạn này không lớn. Khi đốt nóng tiếp, chất tạo khí bị phân huỷ và độ nhớt tiếp tục giảm. Chất khí thải ra sẽ tạo ra các lỗ rỗng trong khối thuỷ tinh. Đường kính của các lỗ rỗng này tăng lên từ từ vì màng thuỷ tinh bị căng ra dưới áp lực của chất khí, do đó thể tích của khối thuỷ tinh tăng lên đáng kể. Khi thể tích của khối thuỷ tinh đạt đến giá trị nhất định, nhiệt độ trong lò sẽ giảm làm chấm dứt hiện tượng thải khí của chất tạo khí. Quá trình này có tác dụng ổn định thể tích và cấu trúc của sản phẩm. Khi độ nhớt của khối thuỷ tinh tăng lên đột ngột do nhiệt độ giảm, cấu trúc của sản phẩm trở nên ổn định.

Trong quá trình tạo rỗng, cả khối vật liệu biến thành hệ nhớt dẻo chứa chất tạo khí phân bố đồng đều. Khi đó chất tạo khí thải khí, tạo nên bọt thuỷ tinh ổn định và phân bố đồng đều. Trong quá trình hình thành bọt, độ nhớt của chất lỏng và sức căng bề mặt trên bề mặt phân pha khí - lỏng có ý nghĩa quyết định. Độ nhớt cản trở sự đứt vỡ của màng còn sức căng bề mặt nhỏ làm cho màng này dãn mỏng. Nếu sức căng bề mặt lớn thì sẽ không tạo ra bọt. Cần lưu ý là cũng giống như trong công nghệ chế tạo bông khoáng, khoảng độ nhớt của chất nung chảy đang phồng nở có ý nghĩa rất quan trọng. Nhìn chung nên sử dụng chất nung chảy "dài".

Quá trình tạo rỗng ở điều kiện độ nhớt cao chỉ có thể xảy ra khi áp suất đủ lớn để làm phồng nở khối thuỷ tinh.

Do vậy khả năng phồng nở của khối thuỷ tinh được quyết định bởi tổng hợp các nhân tố như: giá trị độ nhớt , sức căng bề mặt và áp lực chất khí. Độ nhớt và sức căng bề mặt của thuỷ tinh phụ thuộc vào thành phần hoá còn áp lực của chất khí phụ thuộc vào loại chất tạo khí. Ngoài thành phần hoá và loại chất tạo khí, cũng như một số nhân tố công nghệ có ảnh hưởng đến cấu trúc và tính chất của thuỷ tinh bọt; đó là độ mịn của thuỷ tinh, lượng dùng chất tạo khí, nhiệt độ và thời gian phồng nở.

Kích thước hạt của phối liệu càng nhỏ, cấu trúc của thuỷ tinh bọt càng đồng nhất và chất lượng càng cao. Trên thực tế thường sử dụng bột có độ mịn lọt hết qua sàng 6400 lỗ và sót trên sàng 10000 lỗ là 10%.

Khi tăng lượng dùng chất tạo khí có thể giảm khối lượng thể tích trong giới hạn nhất định nhưng đường kính lỗ rỗng tăng. Khi lượng dùng chất tạo khí lớn hơn 3 - 5% sản phẩm sẽ có cấu trúc rỗng lớn không đồng đều do pha khí có áp lực lớn khi bị nung nóng.

Ảnh hưởng của nhiệt độ đối với tính chất của sản phẩm khá rõ rệt. Nhiệt độ phồng nở càng cao khối lượng thể tích của sản phẩm càng nhỏ. Nguyên nhân là do độ nhớt giảm và tốc độ phân huỷ chất tạo khí diễn ra nhanh hơn. Chỉ nên tăng nhiệt độ đến một giới hạn nhất định, khi vượt quá giới hạn này, độ nhớt sẽ giảm đến mức vách của lỗ rỗng bị đứt vỡ tạo ra các lỗ hổng lớn.

Quá trình phồng nở diễn ra càng lâu trong môi trường nhiệt độ như nhau, khối lượng thể tích của thuỷ tinh bọt càng nhỏ do tạo ra một lượng pha khí lớn. Khi kéo dài thời gian phồng nở ở điều kiện nhiệt độ tương đối thấp cũng có thể thu được kết quả tương tự như khi phồng nở diễn ra trong thời gian ngắn hơn nhưng ở điều kiện nhiệt độ cao hơn.

5.1.10. Thành phần hoá học của thuỷ tinh bọt

Thuỷ tinh dùng để sản xuất thuỷ tinh bọt cần thoả mãn một số yêu cầu xuất phát từ công nghệ sản xuất. Trong đó quan trọng nhất là: nhiệt độ mềm thuỷ tinh phải thấp và quá trình giảm độ nhớt khi nhiệt độ tăng phải chậm; thuỷ tinh dạng bột không được kết tinh trước khi kết thúc quá trình phồng nở của phối liệu; thuỷ tinh phải rẻ góp phần tăng tính khả thi về mặt kinh tế.

Thành phần hoá học của thuỷ tinh bọt thường được thể hiện qua hàm lượng % của các ôxít: SiO_2 = 73%; Al_2O_3 = 1%; CaO = 6%; MgO = 4%; Na_2O = 16%; SO_3 = 0,5%.

5.2. NGUYÊN VẬT LIỆU SẢN XUẤT THUỶ TINH TỔ ONG

Để sản xuất thuỷ tinh tổ ong có thể sử dụng các loại nguyên vật liệu sau: phế liệu của các nhà máy thuỷ tinh; thuỷ tinh tái sinh; thuỷ tinh tạo hạt từ thuỷ tinh nóng chảy, dùng cho mục đích chế tạo thuỷ tinh bọt; các loại đất đá dễ chảy chứa kiềm.

Phế liệu thuỷ tinh thường có thành phần hoá học không ổn định, do vậy khó có thể chế tạo được thuỷ tinh bọt có chất lượng ổn định. Thuỷ tinh tổ ong chất lượng cao được chế tạo từ thuỷ tinh tạo hạt có thành phần hoá học xác định với độ ổn định cao. Để hạ giá thành sản phẩm có thể thay thế xôđa nung và bauxit bằng các loại vật liệu rẻ tiền hơn như đất đá chứa kiềm (peclit, tro núi lửa, hay các loại phế liệu như bùn nefelin, tro bay nhiệt điện, v.v..).

Ngoài các nguyên vật liệu chính trong sản xuất thuỷ tinh tổ ong còn sử dụng một lượng đáng kể chất tạo khí.

Nhiệt độ phân huỷ của chất tạo khí được lựa chọn sao cho thời điểm lượng khí thải ra lớn nhất phải xảy ra ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ mềm của thuỷ tinh 50 - 70°C. Ngoài ra chất tạo khí cần phải đáp ứng các yêu cầu khác, đó là: thải khí đồng đều, tạo ra áp lực cần thiết để phồng nở thuỷ tinh; giá thành hạ; dễ kiếm; không độc hại.

Trong thực tế có thể sử dụng một số chất tạo khí như: than cốc, đá vôi, đá cẩm thạch, đá phấn, canxi cacbua (Ca_2C), silic cacbua (SiC), pirôluzit (MnO_2), natri nitrat $NaNO_3$.

Việc lựa chọn chất tạo khí phụ thuộc vào nhiệt độ phồng nở, khoảng độ nhớt của thuỷ tinh, đặc điểm độ rỗng và màu sắc của sản phẩm.

Bảng 5.1. Các loại chất tạo khí sử dụng trong sản xuất thuỷ tinh bọt

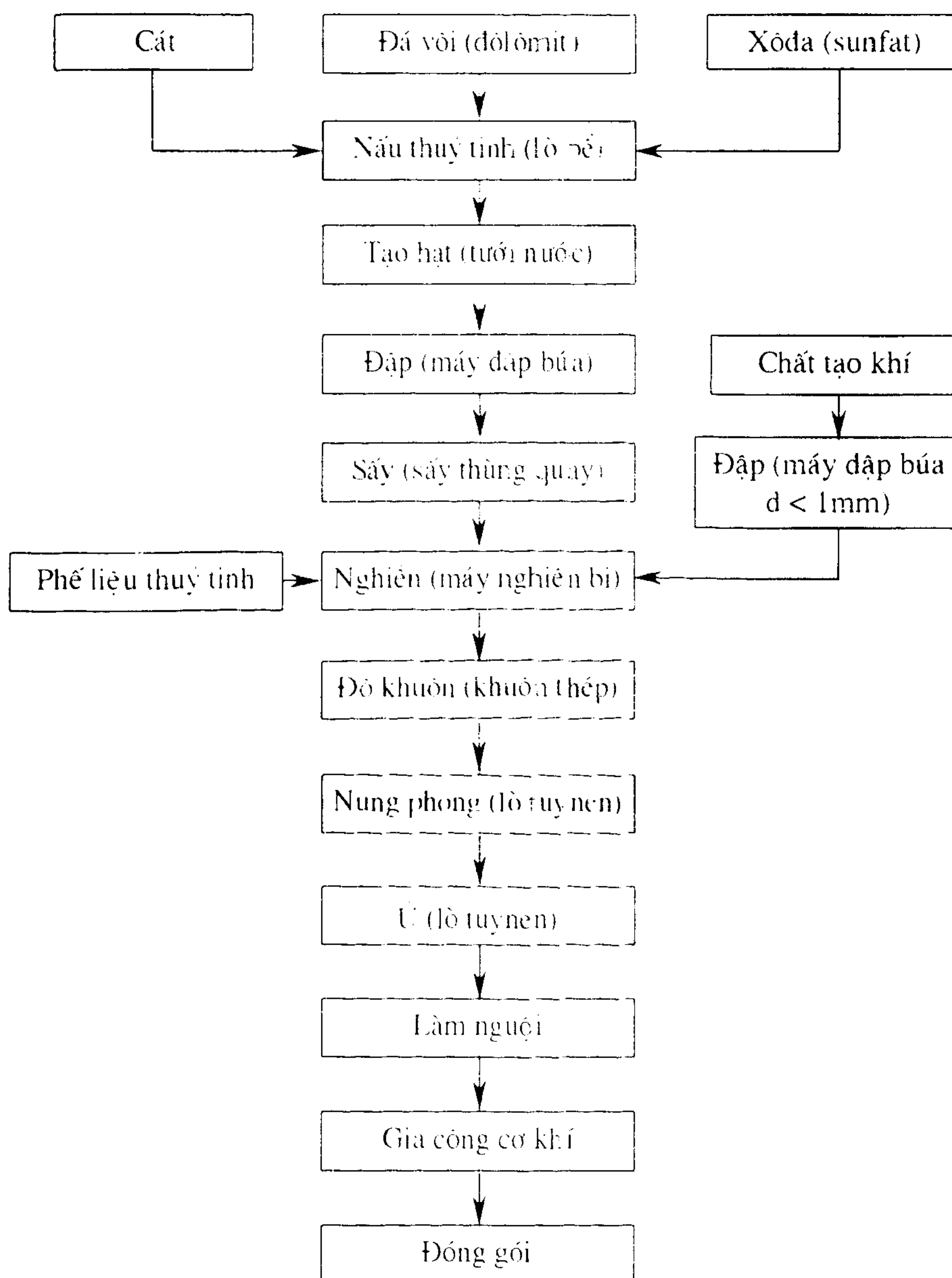
Chất tạo khí	Nhiệt độ phồng nở, °C	Lượng dùng, %	Đặc điểm lỗ rỗng	Màu sắc của sản phẩm
Pirôluzit	680 - 720	3 - 5	Có một phần kín	Tím
Natri nitrat	720	3 - 5	Thông nhau	Trắng, xám
Đá vôi, cẩm thạch	760 - 775	0,5 - 1	Chủ yếu thông nhau	Trắng
Canxi cacbua	750 - 760	1 - 1,5	Chủ yếu kín	Trắng
Antraxit	770 - 780	2 - 3	Có một phần thông	Vàng nhạt
Than cốc	790 - 800	2 - 3	Kín	Nâu nhạt
Grafit	850 và cao hơn	1 - 2	Kín	Xám, đen
Silic cacbua	850 và cao hơn	1 - 3	Kín	Xám

5.3. CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO THUỶ TINH TỔ ONG THEO PHƯƠNG PHÁP BỘT

Công nghệ chế tạo thuỷ tinh tổ ong tương đối phức tạp, trong đó phải kể đến ba công đoạn chính bao gồm: nấu thuỷ tinh và tạo hạt; chế tạo hỗn hợp bột thuỷ tinh, chất tạo khí và nung phồng nở hỗn hợp; gia công cơ khí và đóng gói sản phẩm.

Thuỷ tinh được nấu trong lò bể. Trước khi đưa vào bể nấu, vật liệu được gia công sơ bộ giống như trong trường hợp chế tạo bông thuỷ tinh. Thuỷ tinh nóng chảy được tạo hạt bằng cách rót thuỷ tinh nóng chảy lên bề mặt băng chuyền kim loại có bộ phận tưới nước. Cần tưới thật đẫm nước để tránh xảy ra quá trình kết tinh.

Sơ đồ nguyên lý công nghệ chế tạo thuỷ tinh tổ ong

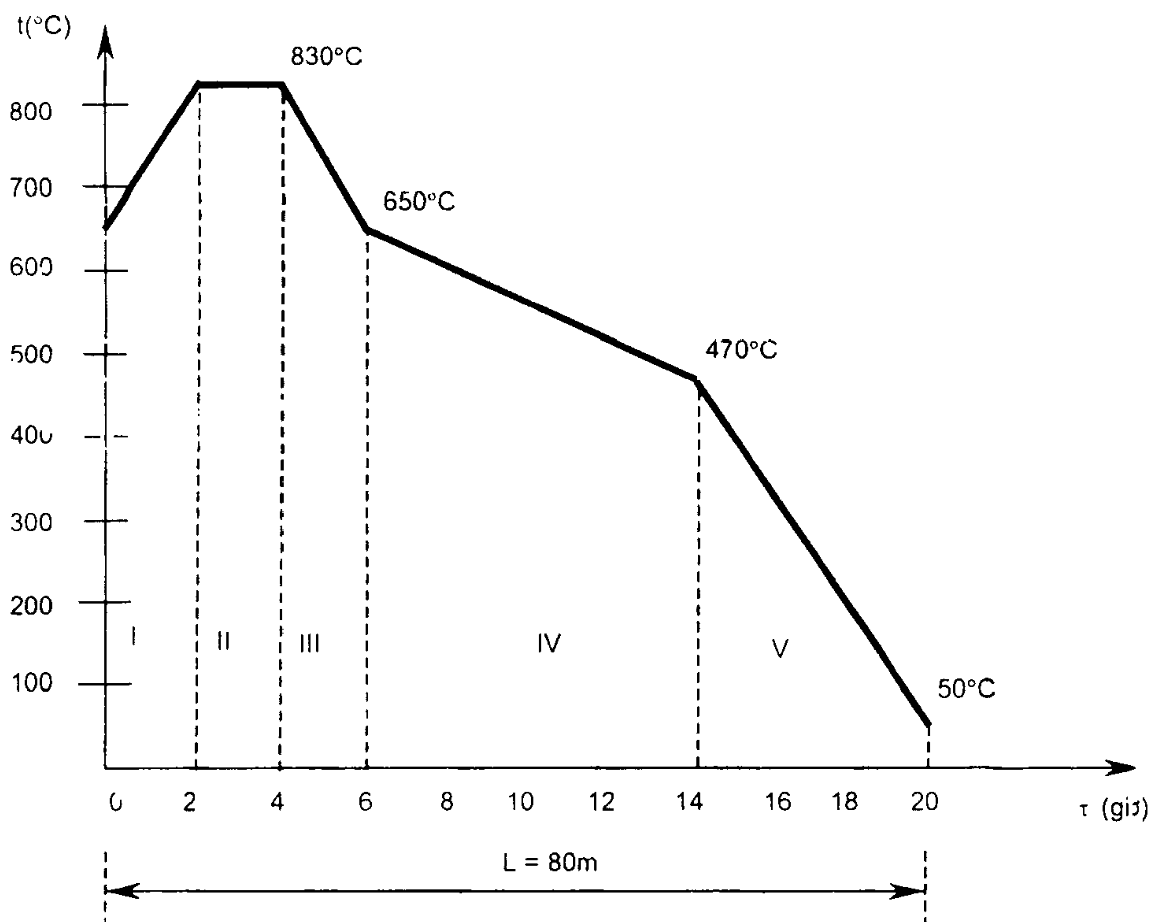


Thuỷ tinh được nấu trong lò bể. Trước khi đưa vào bể nấu, vật liệu được gia công sơ bộ giống như trong trường hợp chế tạo bông thuỷ tinh. Thuỷ tinh nóng chảy được tạo hạt bằng cách rót thuỷ tinh nóng chảy lên bề mặt băng chuyền kim loại có bộ phận tưới nước. Cần tưới thật đẫm nước để tránh xảy ra quá trình kết tinh.

Quá trình chuẩn bị phối liệu bao gồm các bước sau: đập thuỷ tinh tạo hạt trong máy đập hàm hoặc đập búa đạt độ mịn 1 - 3mm. Nếu sử dụng chất tạo khí dạng cục thì cũng phải được nghiền đến cỡ hạt 1mm. Sau đó thuỷ tinh và chất tạo khí được đưa vào nhào trộn và nghiền chung trong máy nghiền bi hai khoang hoạt động liên tục. Phối liệu cần nghiền đến độ mịn 5000 - 7000cm^2/g. Quá trình nghiền cần thực hiện trong máy nghiền bi có lớp lót bằng sứ hoặc silic và bi silic để tránh cho phối liệu không bị nhiễm bẩn kim loại.

Quá trình phồng nở và nung sản phẩm có thể thực hiện như sau: thuỷ tinh bọt được chế tạo trong khuôn kim loại chịu nhiệt theo công nghệ một giai đoạn hoặc hai giai đoạn; phồng nở trên dây chuyền không dùng khuôn.

- Theo công nghệ một giai đoạn, khuôn chứa phối liệu được đặt lên vagông, rồi được đưa vào lò tuynen đi qua vùng phồng nở và vùng nung theo chế độ được nêu trên hình 5.1.

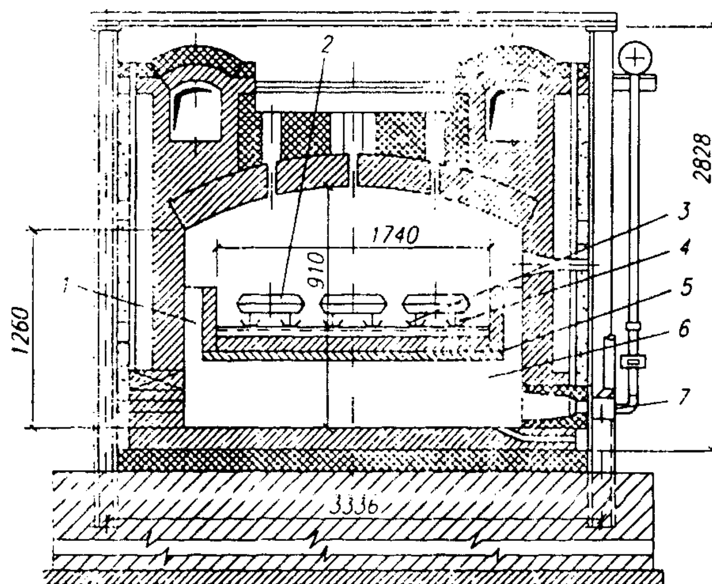


Hình 5.1: *Nung thuỷ tinh trong lò liên hoàn theo công nghệ một giai đoạn.*

I - Vùng tăng nhiệt; II - Vùng phồng nở; III - Vùng làm nguội tức thời; IV - Vùng làm nguội chậm; V - Vùng làm nguội nhanh.

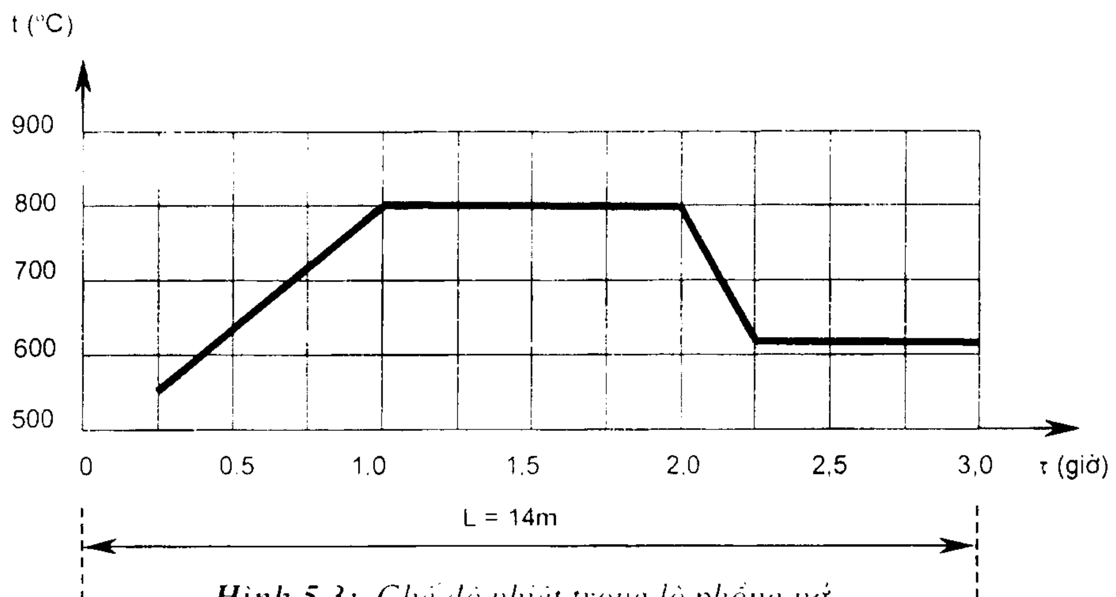
- Theo công nghệ hai giai đoạn, khuôn chứa phối liệu được đưa vào lò phồng nở và được nung đến nhiệt độ cần thiết cho quá trình tạo rỗng, sau đó được làm nguội đến 600°C để ổn định cấu trúc rỗng. Khi khuôn ra khỏi lò thì tiến hành tháo khuôn khối thuỷ tinh bọt và đưa chúng vào lò ủ; còn khuôn được quay trở lại để tiếp tục vòng sau. Trước khi nạp phối liệu khuôn cần được bôi trơn bằng cao lanh chống dính.

Quá trình phồng nở diễn ra trong lò tuynen, kiểu mufel hoặc bán mufel, có buồng đốt đáy như hình 5.2. Chế độ nhiệt của lò phồng nở như hình 5.3.



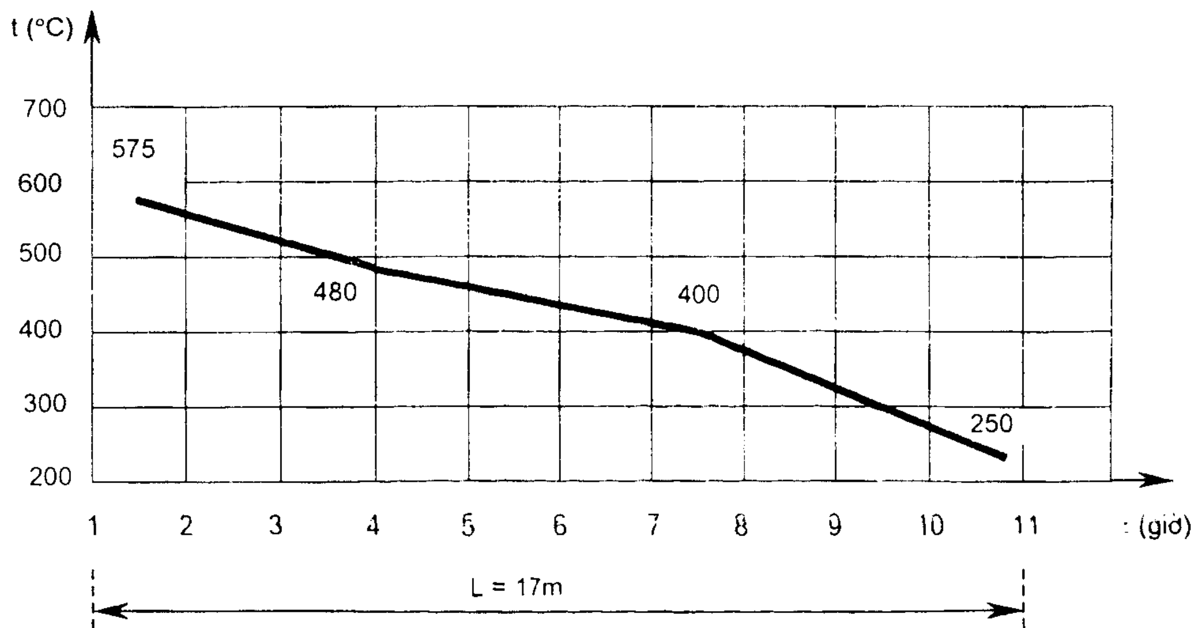
***Hình 5.2:** Lò phồng nở thuỷ tinh bọt.*

1- Kênh đứng; 2- Khuôn; 3- Chân khuôn; 4- Rãnh trượt;
5- Tấm ốp chịu lửa; 6- Buồng đốt; 7- Vòi đốt.



***Hình 5.3:** Chế độ nhiệt trong lò phồng nở.*

Quá trình ủ chính là quá trình làm nguội từ từ sản phẩm từ nhiệt độ phồng nở xuống nhiệt độ của không khí. Khi đó thể tích của khối thuỷ tinh bọt cũng giảm từ từ, không tạo ra nội ứng suất gây nứt. Lò ủ cần làm việc theo chế độ nhiệt sao cho chênh lệch nhiệt độ trong khối thuỷ tinh bọt theo phương đứng và phương ngang không vượt quá 5 - 10°C. Để tạo ra chế độ nhiệt mong muốn cần sử dụng hệ thống quạt hút tạo ra hồi lưu cưỡng bức chất toả nhiệt. Chế độ nhiệt của lò ủ thuỷ tinh bọt theo công nghệ hai giai đoạn được nêu trên hình 5.4.



Hình 5.4: Chế độ nhiệt trong lò ủ.

Phương pháp chế tạo thuỷ tinh bọt trên dây chuyền liên tục được thực hiện bằng cách nạp liên tục phối liệu lên băng chuyền làm từ vật liệu chịu nhiệt. Đó là những tấm đáy được uốn gập hai cạnh. Các tấm đáy được nối với nhau bằng khớp nối tạo thành hình lòng máng. Lớp vật liệu trong lòng máng được đưa vào lò và phồng nở tạo thanh tấm thuỷ tinh bọt có độ dài không hạn chế. Bề mặt bằng phẳng của dải băng được tạo ra nhờ có tục cán. Khi ra khỏi lò phồng nở băng thuỷ tinh bọt được cắt thành tấm bằng dao đĩa sau đó được chuyển sang lò ủ.

Gia công cơ khí nhằm mục đích tạo cho tấm có kích thước chính xác và bề mặt bằng phẳng.

Chương VI

VẬT LIỆU CÁCH NHIỆT TỪ CÁC LOẠI ĐẤT ĐÁ VÀ KHOÁNG PHỒNG

6.1. PECLIT PHỒNG NỞ VÀ CÁC SẢN PHẨM

Peclit phồng nở là một loại vật liệu cách nhiệt tơi xốp từ các hạt rỗng màu sáng với kích cỡ khác nhau. Peclit phồng nở thường được sử dụng để tạo lớp cách nhiệt từ các hạt rời có nhiệt độ sử dụng dao động trong khoảng rộng, từ -200°C đến 1200 - 1300°C. Peclit phồng nở cũng được dùng dưới dạng chất lấp đầy cho vật liệu cách nhiệt và làm cốt liệu cho các sản phẩm cách nhiệt chế tạo theo phương pháp kết khối đặc hay sử dụng làm phụ gia cho bê tông chịu nhiệt, để chế tạo vữa cách âm, vật liệu lọc và chất hấp phụ.

Peclit phồng nở được chế tạo bằng cách nghiền và nung một loại đất đá có nguồn gốc núi lửa chứa nước được gọi là thuỷ tinh núi lửa. Loại đất đá này được hình thành do sự phun trào của chất nung chảy magiê silicát từ trong lòng đất lên bề mặt dưới dạng nham thạch.

Thành phần hoá cũng như tốc độ làm nguội của nham thạch có ảnh hưởng quyết định đến sự hình thành của thuỷ tinh núi lửa. Nham thạch axít chứa một lượng lớn SiO_2 có độ nhớt lớn ngay cả ở nhiệt độ cao không kịp kết tinh khi nguội sẽ chuyển thành thuỷ tinh núi lửa. Trong suốt thời gian dài thuỷ tinh núi lửa có thể bị thuỷ hoá. Mức độ thuỷ hoá và hàm lượng các chất bốc (chủ yếu là nước có trong macma và nước do quá trình thuỷ hoá thuỷ tinh dạng rắn) phụ thuộc vào tuổi của peclit.

6.1.1. Các tính chất của peclit phồng nở

Tuỳ thuộc vào kích thước hạt peclit phồng nở mà có thể phân chúng thành hai loại là: cát peclit và dăm peclit.

Cát peclit có đường kính hạt d ≤ 5mm. Cát peclit có các mác từ 70 - 500 với hệ số dẫn nhiệt tương ứng λ = 0,047 - 0,093W/(m.°C) và độ rỗng toàn phần r = 90 - 98%. Thể tích các lỗ rỗng kín chiếm 13 - 25% thể tích hạt peclit, bao gồm các lỗ rỗng dạng khe hình cầu với đường kính từ 0,5 - 10μm.

Cát peclit sử dụng cho mục đích cách nhiệt có khối lượng thể tích đổ đống 80 - 120kg/m^3. Còn cát peclit dùng cho bê tông nhẹ thường có khối lượng thể tích từ 150 - 300kg/m^3.

Sỏi peclit ít được sử dụng trực tiếp để cách nhiệt mà thường được dùng làm cốt liệu rỗng để chế tạo bê tông nhẹ. Khi sử dụng cho mục đích này, peclit có mác 300 - 600kg/m^3.

Peclit phồng là loại vật liệu chịu lửa, bền hoá, bền sinh học và không có mùi. Khối lượng thể tích đổ đống của peclit phồng phụ thuộc vào khối lượng thể tích và thành phần hạt của nguyên liệu, nhiệt độ và thời gian gia công nhiệt cũng như các nhân tố khác. Tính chất nhiệt lý của peclit phồng phụ thuộc chủ yếu vào thành phần hạt do đó cần phải tạo ra kích thước hạt cần thiết. Việc điều chỉnh kích thước hạt của peclit phồng chủ yếu bằng cách điều chỉnh kích thước hạt của nguyên liệu dựa vào hệ số phồng nở. Mặt khác cũng có thể nghiền bổ sung hạt peclit sau khi phồng nở

a) Độ hút nước, hút ẩm

Peclit có độ rỗng lớn và bề mặt hở lớn háo nước nên khả năng hút nước, hút ẩm lớn. Độ ẩm hấp phụ bão hoà của peclit tăng khi kích thước hạt giảm.

Độ hút nước của peclit rất lớn. Với hạt có kích thước lớn hơn 2mm độ hút nước thể tích H_v = 30% và H_p = 300%; còn đối với cỡ hạt d = 0,25 - 0,5mm, độ hút ẩm thể tích đạt H_v = 60% và H_p = 800 - 900%.

b) Độ dẫn nhiệt

Độ dẫn nhiệt chịu ảnh hưởng bởi thành phần hạt, kích thước lỗ rỗng, nhiệt độ và độ ẩm của vật liệu. Cỡ hạt 0,1 - 0,6mm có độ dẫn nhiệt thấp nhất. Hàm lượng cỡ hạt này trong cát peclit khoảng 50%. Đối với lớp cách nhiệt từ hạt peclit, độ dẫn nhiệt $\lambda \le 0{,}052$W/(m.°C) (t = 20 ± 5°C).

Độ dẫn nhiệt phụ thuộc vào nhiệt độ trung bình của lớp cách nhiệt và khối lượng thể tích của nó.

Bảng 6.1. Sự phụ thuộc của độ dẫn nhiệt λ vào nhiệt độ

Khối lượng thể tích γ_o, kg/m^3	Độ dẫn nhiệt λ, W/(m.°C)
86	$\lambda = 0{,}049 + 0{,}0010.t_{tb}$
130	$\lambda = 0{,}055 + 0{,}0001.t_{tb}$

Khối lượng thể tích γ_o, kg/m³	Độ dẫn nhiệt λ, W/(m.°C)
147	$\lambda = 0,074 + 0,0001.t_{tb}$
270	$\lambda = 0,087 + 0,0013.t_{tb}$

Khi bị làm ẩm độ dẫn nhiệt của peclit tăng. Mặt khác khi bị làm ẩm rất khó sấy khô vì quá trình sấy diễn ra dài và tốn năng lượng nhiệt. Để hạn chế peclit không bị làm ẩm, thường sử dụng các hợp chất silic hữu cơ có khả năng bám dính tốt với peclit. Chất này không làm thay đổi màu sắc, tính chất bề mặt cũng như hệ số dẫn nhiệt của peclit.

c) Tính chất hút âm của peclit phồng nở

Nhờ có bề mặt rỗng hở cát peclit có khả năng hút âm lớn. Peclit phồng, khi có sự tham gia của chất kết dính, có thể sử dụng để chế tạo các kết cấu hút âm. Peclit cũng được sử dụng để chế tạo vữa, tấm và blốc hút âm.

6.1.2. Nguyên vật liệu để chế tạo peclit phồng nở

Trong thuỷ tinh núi lửa luôn chứa một hàm lượng nước hoà tan khác nhau. Khi nung ở nhiệt độ cao từ 850 - 1250°C, thuỷ tinh núi lửa sẽ phồng nở tăng thể tích gấp nhiều lần.

Tuỳ thuộc vào hàm lượng nước có trong thuỷ tinh núi lửa nó có thể được phân thành các loại sau: opxidian chứa khoảng dưới 1% H_2O; peclit chứa từ 1 - 6% H_2O; vitrôfir có trên 6% H_2O. Trong công nghệ sản xuất peclit phồng thường sử dụng các loại thuỷ tinh núi lửa có lượng mất khi nung từ 1 - 10% theo quy ước được gọi là peclit. Thành phần hoá học của peclit theo % khối lượng nằm trong khoảng: SiO_2 = 70 - 75%; $CaO + MgO$ = 0,3 - 6%; Al_2O_3 = 11 - 15%; Fe_2O_3 = 0,2 - 4%; R_2O = 2,5 - 9%; H_2O = 1 - 10%.

Thuỷ tinh núi lửa đủ tiêu chuẩn để chế tạo peclit phồng được khai thác tại vùng hồ Baican, vùng Viễn Đông thuộc Liên Bang Nga, Kazăcxtan, Hungary, Italy, Hoa Kỳ và châu Phi.

6.1.3. Công nghệ peclit phồng nở

Quy trình công nghệ peclit phồng nở bao gồm các công đoạn sau: khai thác thuỷ tinh núi lửa; đập; sàng phân cấp hạt; nung phồng nở và phân loại sản phẩm theo cấp hạt. Trong một số trường hợp cần thiết, nguyên liệu có thể được gia công nhiệt sơ bộ để loại bỏ bớt độ ẩm dư thừa.

Peclit thường được khai thác bằng phương pháp hở. Nguyên liệu sau đó được chế biến sơ bộ trong các phân xưởng nghiền sàng đặt ngay tại khu khai thác. Tại nhiều nước người ta kết hợp quá trình nghiền với quá trình loại bỏ nước hấp phụ.

Công đoạn quan trọng nhất trong công nghệ peclit phồng nở là quá trình gia công nhiệt làm phồng nở thuỷ tinh núi lửa. Đây là quá trình quyết định cấu trúc và các tính chất quan trọng của sản phẩm. Chất tạo khí làm phồng nở peclit chính là nước bị đốt nóng biến thành hơi làm rỗng xốp khối vật liệu trong trạng thái nhớt dẻo.

Để đánh giá nguyên liệu chế tạo peclit phồng nở thường sử dụng hệ số phồng nở và nhiệt độ phồng nở. Hầu hết các loại thuỷ tinh núi lửa có thành phần hoá tương tự nhau. Sự khác biệt chủ yếu là chúng chứa hàm lượng nước khác nhau. Đặc điểm của mối liên kết của nước trong thuỷ tinh núi lửa phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất của quá trình hình thành loại nguyên liệu này. Nước tồn tại trong thuỷ tinh núi lửa là nước phân tử và OH^-. Peclit hình thành trong điều kiện áp suất không cao chủ yếu chứa nước dạng phân tử có khả năng hoá hơi ở nhiệt độ thấp. Khi áp suất tăng thì số lượng các nhóm hiđrôxyt liên kết vững chắc tăng lên. Nước liên kết hoá học trong peclit khi hoá hơi không làm huỷ hoại cấu trúc của nó.

Quá trình phồng nở của peclit được quyết định bởi hàm lượng và dạng liên kết của nước. Khi được đưa vào vùng nhiệt độ cao, độ nhớt của peclit giảm mạnh; cùng lúc pha khí tích tụ có áp lực tăng dần. Khi áp suất pha khí đạt đến giá trị nhất định, đủ để thắng độ nhớt và sức căng bề mặt, thì sẽ xảy ra quá trình phồng nở. Hàm lượng nước hợp lý, có hiệu quả tạo rỗng, trong thuỷ tinh núi lửa nằm trong khoảng 2,5 - 3%.

Để quá trình phồng nở diễn ra thuận lợi, quá trình thải khí xảy ra mạnh nhất phải trùng với thời điểm peclit chuyển từ trạng thái rắn sang trạng thái nhớt dẻo. Trạng thái này được đặc trưng bởi một giá trị độ nhớt và sức căng bề mặt nhất định. Trong quá trình phồng nở, khi độ nhớt càng lớn thì vách lỗ rỗng chịu được áp lực càng cao. Ngược lại khi độ nhớt thấp thì pha khí thoát ra ngoài không có tác dụng tạo rỗng. Giá trị áp lực chất khí trong lỗ rỗng phụ thuộc vào sức căng bề mặt, do đó điều kiện thuận lợi nhất cho quá trình phồng nở là vật liệu có độ nhớt lớn và sức căng bề mặt nhỏ. Những tính chất này phụ thuộc chủ yếu vào thành phần hoá của peclit và nhiệt độ môi trường.

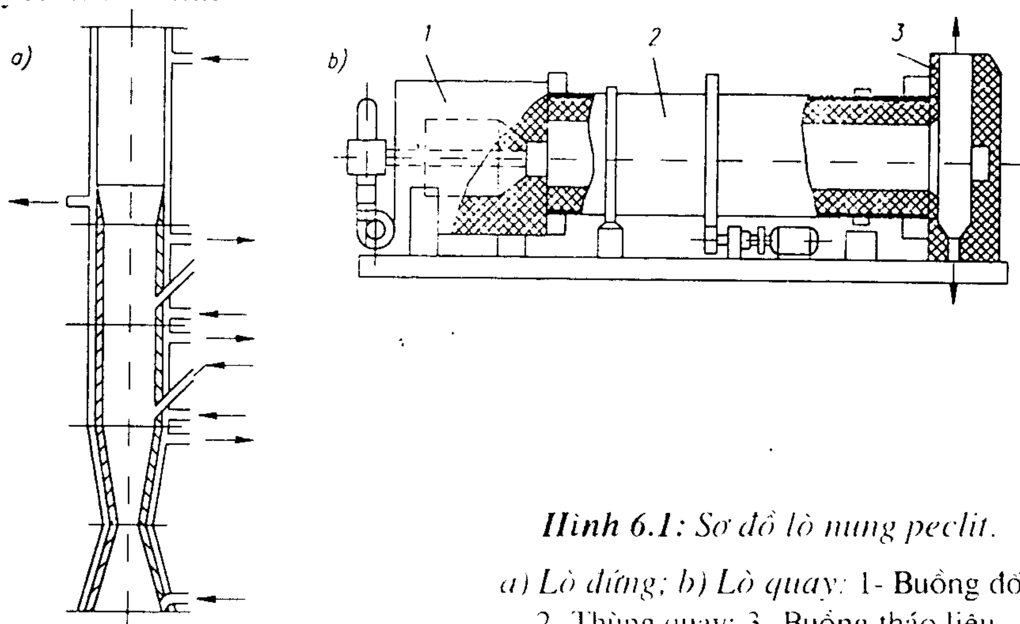
Trong khoảng nhiệt độ phồng nở, độ nhớt của peclit thường nằm trong khoảng từ 10^6 - 10^8Pa.s.

Nhiệt độ phồng nở của hầu hết các loại peclit đều nằm trong khoảng từ 850 - 1250°C. Tuy nhiên nguyên liệu tốt nhất để chế tạo peclit phồng nở là nguyên liệu có nhiệt độ phồng nở dưới 1050°C. Nguyên liệu có nhiệt độ phồng nở cao hơn 1050°C được gọi là nguyên liệu khó khó phồng nở và sản phẩm chế tạo từ nguyên liệu này sẽ có khối lượng thể tích lớn.

- *Thiết bị nung peclit*

Peclit được nung trong các kiểu lò nung như: lò quay, lò nung có tầng sôi, buồng sấy kiểu băng chuyền, lò ống, lò đứng, v.v... đáp ứng quá trình đốt nóng đồng đều nguyên liệu. Hiện nay để nung peclit thường sử dụng lò quay làm việc theo nguyên tắc ngược chiều. Kiểu lò này có chiều dài 3,8 - 6,5m; đường kính trong 0,44 - 0,89m; quay với vận tốc 2,6 vòng/ph. Phần lớn các trường hợp lò được lót một lớp gạch chịu lửa samốt.

Ngoài kiểu lò quay còn sử dụng lò đứng gồm giếng lò có đường kính trong 0,6m, cao 7,7m. Khí nóng được chuyển từ dưới lên, trong khi đó vật liệu được nạp qua các lỗ nạp đặt trên thành lò và rơi xuống phía dưới theo nguyên tắc ngược dòng. Những hạt nhỏ nhất phồng nở ngay lập tức và bị cuốn ra khỏi lò vào các xyclôn lọc. Các hạt lớn hơn tiếp tục rơi xuống vùng dưới và sẽ phồng nở giảm khối lượng thể tích và cuối cùng cũng bị cuốn ra khỏi lò. Dòng khí thải cuốn peclit phồng vào các thiết bị lọc bụi, xyclôn lọc thô và xyclôn lọc tinh.



Hình 6.1: Sơ đồ lò nung peclit.

a) Lò đứng; b) Lò quay: 1- Buồng đốt; 2- Thùng quay; 3- Buồng tháo liệu.

6.1.4. Các sản phẩm từ peclit phồng nở

Sản phẩm từ peclit phồng với các loại chất kết dính khác nhau được phân thành hai loại sau:

- Sản phẩm không nung: peclit bitum, peclit ximăng, peclit silicat, peclit thạch cao, peclit thuỷ tinh và chất dẻo peclit.

- Sản phẩm nung: gốm peclit, gốm peclit phốtphat, peclit phốtphat, v.v...

Trong các sản phẩm, peclit đóng vai trò cốt liệu nhẹ. Một trong những yếu tố công nghệ chính ảnh hưởng đến tính chất của sản phẩm chứa peclit là thành phần hạt và khối lượng thể tích của peclit phồng nở; loại và lượng dùng phụ gia; độ ẩm của phối liệu thành hình. Việc ứng dụng peclit có thành phần hạt mịn sẽ làm tăng độ đặc của phối liệu thành hình, do đó làm tăng khối lượng thể tích của sản phẩm. Peclit phồng nở có thành phần hạt thô làm giảm khối lượng thể tích của sản phẩm cùng lúc lại làm giảm cường độ cơ học. Phụ gia ở đây được hiểu là các loại chất kết dính và có thể là amiăng hay các chất kỵ nước.

Đối với sản phẩm không nung chất kết dính thường là ximăng, thuỷ tinh lỏng, thạch cao, bitum, vôi hay chất dẻo. Chất kết dính hữu cơ cho phép chế tạo sản phẩm có khối lượng thể tích nhỏ, song độ bền nhiệt độ thấp. Đối với sản phẩm nung có thể sử dụng chất kết dính ceramic chất kết dính phốtphat và một số chất kết dính dễ chảy như thuỷ tinh lỏng, axít Bo, v.v...

Một số tính chất cơ lý của các sản phẩm chế tạo từ peclit phồng nở được nêu trong bảng sau:

Bảng 6.2. Tính chất cơ lý của một số sản phẩm chứa peclit phồng nở

Tên sản phẩm	Khối lượng thể tích (kg/m^3)	Nhiệt độ sử dụng (t°C)	Hệ số dẫn nhiệt W/(m.°C) ở t = 25 ± 5°C	Cường độ (MPa)	
				Nén	Uốn
Peclit bitum	250 - 450	-50 - 60	0,07 - 0,1	-	0,15 - 2
Chất dẻo peclit	120 - 300	200	0,052 - 0,08	0,64 - 4	0,15 - 3
Sản phẩm ximăng peclit	250 - 350	600	0,07 - 0,081	-	0,22 - 0,26
Sản phẩm peclit dùng với chất kết dính thuỷ tinh lỏng	180 - 300	600 - 700	0,064 - 0,093	0,3 - 1,2	0,2 - 0,7

Tên sản phẩm	Khối lượng thể tích (kg/m^3)	Nhiệt độ sử dụng (t°C)	Hệ số dẫn nhiệt W/(m.°C) ở t = 25 ± 5°C	Cường độ (MPa)	
				Nén	Uốn
Sản phẩm silicat peclit	350 - 600	750 - 800	0,081 - 0.105	0,98 - 2,45	-
Sản phẩm gốm peclit	250 - 400	875	0,076 - 0,105	0,8 - 1,2	-

6.2. VEMICULIT PHỒNG NỞ VÀ CÁC SẢN PHẨM

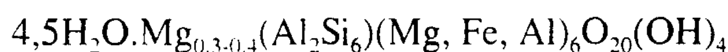
Vemiculit là một loại vật liệu thuộc nhóm thuỷ mica, được hình thành do quá trình thuỷ hoá và các biến đổi thứ cấp khác của mica, khi bị nung nóng có khả năng phồng nở tạo thành các lỗ rỗng nhỏ.

Vemiculit phồng nở được sử dụng để tạo lớp cách nhiệt đổ đống có nhiệt độ sử dụng đến 1200°C; làm chất lấp đầy để chế tạo các vật liệu cách nhiệt hoặc làm cốt liệu cho bê tông nhẹ và vữa.

Vemiculit phồng nở được chế tạo bằng cách nung phồng nở khoáng vemiculit nghiền. Vemiculit có giá trị ứng dụng nhất là loại có chứa magiê và sắt, còn có tên gọi là flôgôpit và biôtit. Thành phần hoá học của chúng nằm trong khoảng sau: SiO_2 = 33 - 34%; TiO_2 = 1,6%; Al_2O_3 = 6 - 18%; Fe_2O_3 = 5 - 17%; FeO = 1 - 9%; MgO = 14 - 25%; R_2O_3 = 8%.

Mica nói chung được định đặc tính bởi cấu trúc sau: hai lớp cơ bản từ các tứ diện ôxy - silic, một lớp tạo thành từ các nhóm hiđrôxyt và các ion magiê, sắt (biôtit) tạo nên tổ hợp mica bền vững. Do ion Si^{4+} bị thay thế bằng Al^{3+} mà tổ hợp này dư hai điện tích âm và chúng được cân bằng bởi hai ion K^+ phân bố giữa các tổ hợp.

Quá trình thuỷ hoá mica nguyên phát để trở thành vemiculit các ion K^+ được thay thế bằng các phân tử nước và các phân tử nước này lại kéo theo các ion kim loại hoá trị hai (thường gặp nhất là Mg^{2+}). Giữa các tổ hợp có một lớp hiđrat từ các ion kim loại thuỷ hoá và các phân tử nước ở trạng thái tự do. Công thức cấu trúc của vemiculit có thể được viết dưới dạng sau:



$$4,5H_2O.Mg_{0,3-0,4}(Al_2Si_6)(Mg, Fe, Al)_6O_{20}(OH)_4$$

Trong điều kiện tự nhiên quá trình vemiculit hoá mica flôgôpit và biôtit diễn ra rất chậm, do vậy đồng thời có thể có mặt các sản phẩm thuỷ hoá là

vemiculit và thuỷ mica với các mức độ thuỷ hoá khác nhau. Vemiculit có nhiều tại các vùng ở Uran, Viễn Đông, Kazăcxtan, Muôcmansk, Cộng hoà Nam Phi, Hoa Kỳ, v.v...

Một trong những đặc tính quý giá của vemiculit là phồng nở khi bị nung nóng. Khi phồng nở thì tách thành các phiến mica mỏng liên kết với nhau tại một số vị trí. Quá trình phồng nở làm tăng thể tích và tạo ra cấu trúc rỗng lớn gồm các lỗ rỗng thông nhau.

Nguyên nhân gây phồng nở của vemiculit là sự hoá hơi của nước tạo ra áp lực tác dụng vuông góc với mặt phân lớp làm tách các tấm mica và tăng thể tích gấp 15 lần trở lên. Nước tồn tại trong vemiculit có nhiều dạng liên kết khác nhau với chất khoáng chính. Trong vemiculit thiên nhiên, nước liên kết có các dạng sau: nước liên kết hoá học; nước hấp phụ giữa các tổ hợp mica; nước dung dịch rắn và nước hấp phụ tức nước liên kết cơ học trên bề mặt các hạt khoáng.

Nhân tố quan trọng quyết định khả năng phồng nở khi nung của vemiculit là sự bay hơi của nước hấp phụ giữa các tổ hợp mica. Nước này bắt đầu bị tách ra ở nhiệt độ 170 - 200°C, phần lớn bay hơi ở nhiệt độ 270 - 290°C và bay hơi hoàn toàn ở nhiệt độ 700 - 800°C. Từ 850 - 880°C, bắt đầu bay hơi nước liên kết hoá học làm huỷ hoại cấu trúc của mica. Hệ số phồng nở của vemiculit lúc này tăng khoảng 6 lần.

6.2.1. Tính chất của vemiculit phồng nở

Vemiculit phồng nở có khối lượng thể tích từ 80 - 200kg/m^3, được phân thành các mác: 100; 150; 200; hệ số dẫn nhiệt là λ = 0,056 - 0,07W/(m.°C). Vemiculit có khả năng hút âm, chịu lửa tốt, độ hút ẩm thấp và bền sinh học.

Vemiculit được phân cấp thành: loại thô có kích thước 5 - 10mm, loại trung bình từ 0,6 - 5mm và loại mịn < 0,6mm.

Vemiculit nóng chảy ở nhiệt độ 1210 - 1350°C.

Độ dẫn nhiệt của vemiculit phụ thuộc vào khối lượng thể tích cũng như kích thước hạt. Ở nhiệt độ dưới 100°C, độ dẫn nhiệt của các cấp hạt mịn lớn hơn các cấp hạt thô song khối lượng thể tích nhỏ hơn. Tuy nhiên khi nhiệt độ tăng thì độ dẫn nhiệt của các cấp hạt thô tăng mạnh do tăng truyền nhiệt bằng đối lưu trong các lỗ rỗng.

Độ hút nước của vemiculit phồng nở lớn vì các lỗ rỗng chủ yếu hở. Độ hút nước của vemiculit phụ thuộc vào khối lượng thể tích, thành phần hạt, chế độ nung và các tính chất khác của vemiculit thiên nhiên. Vemiculit phồng nở khác với peclit phồng nở là có tính đàn hồi, tức là khả năng khôi phục thể tích sau khi dỡ tải trọng ép.

Vemiculit phồng nở có cấu trúc bất đẳng hướng. Cường độ theo hướng song song với mặt phân lớp cao hơn so với hướng vuông góc. Khi tăng nhiệt độ và thời gian nung thì vemiculit trở nên giòn. Ngoài ra vemiculit có tính hấp phụ mạnh. Những đặc điểm quý giá này làm cho vemiculit phồng nở được sử dụng rộng rãi, không chỉ trong lĩnh vực xây dựng, mà còn cả trong rất nhiều lĩnh vực khác.

6.2.3. Công nghệ vemiculit phồng nở

Công nghệ chế tạo vemiculit bao gồm các công đoạn: khai thác, làm giàu khoáng, đập các tấm có kích thước lớn và nung phồng nở. Thiết bị nhiệt dùng để nung vemiculit có thể là lò giếng hay lò ống.

Thiết bị nung vemiculit phồng nở cần đáp ứng các yêu cầu sau:

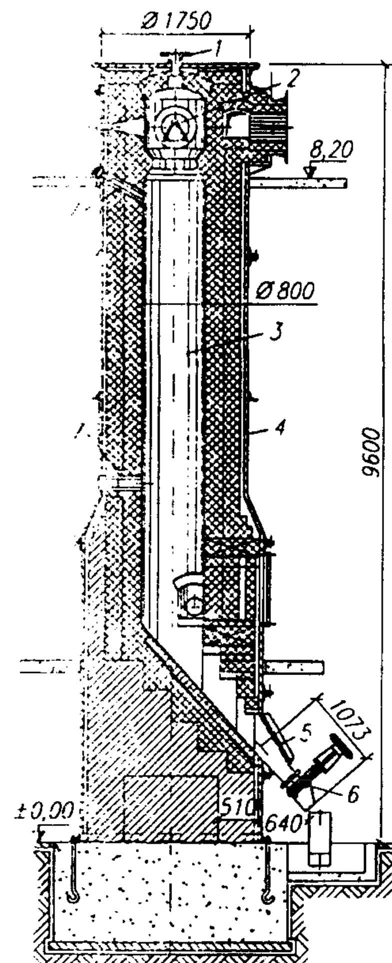
- Tạo ra chế độ nhiệt và điều kiện chuyển động của vemiculit sao cho vemiculit được nung ở nhiệt độ 900 - 1100°C trong vòng 1- 2 phút. Hạt lớn được nung lâu hơn so với hạt bé.

- Loại bỏ khả năng vemiculit bị lèn chặt, cho phép giảm áp lực của lớp nằm trên tác dụng lên lớp dưới.

- Loại trừ khả năng vemiculit bị vỡ vụn.

- Cho phép kết hợp khả năng loại bỏ quặng không có ích.

Khi sử dụng lò giếng để nung vemiculit, nguyên liệu được nạp qua lỗ nạp nằm ở phần trên của giếng lò. Khi dịch chuyển xuống dưới gặp dòng khí thải nhiệt độ cao, vemiculit



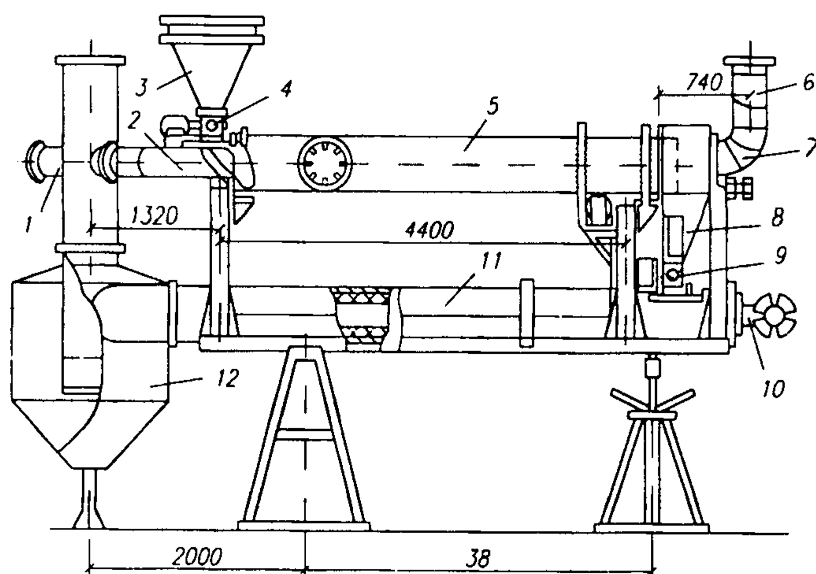
Hình 6.2: Sơ đồ lò giếng nung vemiculit.

1- Lỗ nạp liệu; 2- Côn phân phối; 3- Giếng lò; 4- Vỏ lò bằng kim loại; 5- Kênh tháo liệu; 6- Van xả; 7- Lỗ đặt đầu đo nhiệt độ.

bị phồng nở và theo kênh tháo liệu đặt dốc, sản phẩm được đưa sang bunke chứa. Nhiên liệu có thể ở dạng lỏng như dầu mazút hay dạng khí như khí đốt. Nhiệt độ vùng nung là 1100°C, vận tốc dòng khí từ 0,26 - 0,28m/s. Công suất thiết bị đạt 3m^3/h.

Một thiết bị nung vemiculit khác có mức độ hoàn thiện và hiệu quả cao hơn là lò ống. Nó bao gồm một ống nằm ngang cố định, được lót bằng lớp vật liệu chịu nhiệt có trang bị vòi đốt bằng nhiên liệu lỏng hoặc nhiên liệu khí và một tang quay để sấy nhiên liệu bằng khí thải được đặt trực tiếp ngay trên ống thép.

Nguyên liệu được đốt nóng rơi xuống ống nung, bị phồng nở và được dòng khí thải cuốn ra buồng lắng. Thiết bị làm việc theo nguyên tắc thuận dòng nên hạt nguyên liệu nhỏ hơn sẽ bị đốt nóng nhanh và phồng nở trước, hạt lớn hơn bị lưu lại lâu hơn trong vùng nhiệt độ cao và sau đó sẽ phồng nở rồi được dòng khí thải cuốn ra ngoài.



Hình 6.3: *Sơ đồ lò ống nung vemiculit.*

1- Ống hút không khí; 2- Ống cấp không khí; 3- Bunke nạp liệu; 4- Thiết bị cấp liệu đĩa quay; 5- Thùng sấy; 6- Ống khói; 7- Quạt thông gió; 8- Bunke chứa vật liệu khô; 9- Thiết bị cấp liệu tang quay; 10- Vòi đốt; 11- Lò ống; 12- Xyclôn.

6.2.4. Các sản phẩm từ vemiculit phồng nở

Từ vemiculit phồng nở và các loại chất kết dính khác nhau có thể chế tạo các sản phẩm cách nhiệt dạng cứng như: tấm, bán trụ, rẻ quạt dùng cho mục đích cách nhiệt các cấu kiện xây dựng, đường ống và thiết bị. Nhiệt độ sử dụng của sản phẩm phụ thuộc vào loại chất kết dính: 60°C đối với bitum,

500°C đối với thuỷ tinh lỏng và 900 - 1100°C đối với chất kết dính ceramic; trong khi đó sản phẩm với chất kết dính ximăng có thể sử dụng đến nhiệt độ 1100°C, vì khi đá ximăng pooclăng bị nung nóng, phụ gia vemiculit phồng nở nghiền mịn sẽ liên kết với toàn bộ vôi tự do.

Công nghệ sản xuất sản phẩm vemiculit tương tự công nghệ sản xuất sản phẩm peclit. Một số sản phẩm vật liệu cách nhiệt với các tính chất cơ lý của chúng được nêu trong bảng sau:

Bảng 6.3. Tính chất của các sản phẩm từ vemiculit phồng nở

Tên sản phẩm	Khối lượng thể tích (kg/m^3)	Hệ số dẫn nhiệt W/(m.°C) ở t = 25 ± 5°C	Cường độ MPa	
			Nén	Uốn
Sản phẩm bitum - vemiculit	250 - 310	0,08	-	0,2 - 0,25
Sản phẩm gốm - vemiculit	300 - 400	0,07 - 0,09	0,5 - 1	0,2 - 0,5
Vemiculit với chất kết dính thuỷ tinh lỏng	250 - 300	0,07 - 0,09	0,4 - 0,6	0,2
Sản phẩm ximăng vemiculit	400 - 500	0,08 - 0,10	0,5 - 1	-

Chương VII

VẬT LIỆU GỐM CÁCH NHIỆT

Vật liệu gốm cách nhiệt là loại vật liệu được tạo hình từ khối ceramic đã tạo rỗng không có cốt liệu, hoặc từ khối ceramic đặc (hoặc tạo rỗng) chứa các cốt liệu khó chảy hoặc chịu lửa, sau đó được nung để ổn định cấu trúc.

Tuỳ thuộc vào nguyên vật liệu ban đầu, công nghệ chế tạo vật liệu gốm cách nhiệt được phân thành hai nhóm chính, đó là: vật liệu cách nhiệt ceramic và vật liệu chịu lửa nhẹ.

- Các sản phẩm cách nhiệt ceramic được thành hình từ khối ceramic, sau đó được sấy, nung ở điều kiện nhiệt độ cao. Nhiệt độ nung của sản phẩm có ảnh hưởng quyết định đến nhiệt độ sử dụng của sản phẩm: t_{sd} = 900 - 1000°C khi sản phẩm tạo hình từ đất sét dễ chảy và t_{sd} = 1000 - 1200°C khi sản phẩm tạo hình từ đất sét chịu lửa.

- Vật liệu chịu lửa nhẹ, được tạo hình từ khối ceramic chịu lửa đã tạo rỗng, có nhiệt độ sử dụng 1000 - 1200°C hoặc trong nhiều trường hợp đến 1650°C.

Hai nhóm sản phẩm này đều thuộc loại vật liệu cách nhiệt nhiệt độ cao được sử dụng để cách nhiệt và bảo vệ lò, buồng đốt và các thiết bị làm việc trong điều kiện nhiệt độ cao.

Phối liệu thành hình sản phẩm có thể chảy lỏng, dẻo hoặc khô. Chúng được tạo rỗng bằng một trong các phương pháp sau:

- Phương pháp tăng lượng nước nhào trộn: theo phương pháp này, độ rỗng được tạo ra do nước bay hơi. Đây là phương pháp ít được sử dụng, tuy nhiên có thể kết hợp với các phương pháp khác làm tăng một phần độ rỗng.

- Phương pháp lựa chọn thành phần hạt hợp lý: đây là phương pháp mang tính bổ trợ cho các phương pháp khác.

- Phương pháp phụ gia cháy (licnin, mạt cưa, than cốc, pôlistyrol phồng nở và các loại chất dẻo phồng nở khác): đây là phương pháp phổ biến, vì khi sử dụng cho phép tạo hình sản phẩm từ phối liệu có độ ẩm thấp và cho phép sử dụng phương pháp tạo hình ép bán khô. Độ rỗng tối đa đạt được là 65%.

- Phương pháp tạo khí: phương pháp này cho phép tạo ra sản phẩm có độ rỗng từ 40 - 90%, đồng thời cho cường độ cơ học tương đối cao. Nhược điểm của phương pháp này là dùng một lượng nước lớn nên dẫn đến làm giảm độ bền nhiệt của sản phẩm. Nếu sử dụng công nghệ rung phồng có thể khắc phục được nhược điểm này.

- Phương pháp tạo bọt: theo phương pháp này, phụ gia tạo bọt được đưa vào trộn trực tiếp với hỗn hợp tạo hình lỏng, ví dụ 1,5% dung dịch xà phòng nhựa thông (hoặc các chất tạo bọt khác). Cũng có thể trộn hỗn hợp này với bọt đã chuẩn bị trước. Nhược điểm chính của phương pháp này là khi độ chảy của hỗn hợp tạo hình thấp hơn cần thiết, sản phẩm sẽ có cấu trúc không đồng nhất, chứa nhiều vết nứt và lỗ hổng; độ ẩm phối liệu tạo hình lớn, tỷ lệ N/R có thể đạt đến 200%; độ co thể tích khi sấy lớn (gần 72%) và không cho phép sấy nhanh, v.v...

- Phương pháp dùng cốt liệu rỗng: đây là phương pháp phổ biến, sử dụng peclit và vemiculit phồng, keramzit và các vật liệu khác

- Phương pháp tạo cốt sợi từ các sợi chịu nhiệt độ cao như sợi cao lanh có nhiệt độ sử dụng t_{sd} = 1100 - 1250°C. Hàm lượng SiO_2 và Al_2O_3 trong sợi cao lanh có thể đạt đến 98% và tỷ lệ giữa hai ôxit này tương ứng là 1 : 0,8.

7.1. NGUYÊN VẬT LIỆU CHẾ TẠO VẬT LIỆU GỐM CÁCH NHIỆT

Trong các loại vật liệu chế tạo vật liệu gốm cách nhiệt phải kể tới điatômit và trepel là các loại đất đá chứa silic có nguồn gốc hữu cơ thuộc nhóm trầm tích.

Thành phần hoá học của điatômit và trepel dao động trong khoảng sau: SiO_2 = 74,1 - 92,5%; Al_2O_3 = 1,5 - 11,3%; Fe_2O_3 = 0,4 - 5,5%; CaO = 0,52 - 2,1%; MgO = 0,2 - 1%; MKN = 4,3 - 10%.

Điatômit chủ yếu được hợp thành từ xác của tảo điatômit có lẫn các tạp chất từ khoáng sét hạt mịn, glaucônit và quăczit, có nhiệt độ nóng chảy là t_{nc} = 1700°C, độ rỗng r = 80 - 85%.

Trepel được tạo thành từ ôxít silic vô định hình dưới dạng các hạt hiđrô silicat thiên nhiên hình cầu SiO_2, có thể là các khoáng opal, chanxeđôn ($mSiO_2.nH_2O$) có kích thước từ 2,5 - 5μm, và các tạp chất từ xác tảo điatômit và các sinh vật biển khác.

Đất sét là một loại đất đá trầm tích hạt mịn hợp thành từ các phần tử khoáng kích thước từ 1 - 0,01μm. Theo thành phần hoá học đất sét gồm các hiđrôalumôsilicat và tạp chất của một số khoáng khác. Đất sét theo xuất xứ có thể là đất sét nguyên phát được tạo ra do hậu quả của quá trình phong hoá và đất sét thứ cấp do sự dịch chuyển và trầm lắng của đất sét nguyên phát. Trong đất sét có các hạt sét kích thước hạt nhỏ hơn 2μm, các hạt không phải là sét có kích thước hạt thô hơn , các chất hữu cơ, các ion và muối tan.

Trong đất sét bentônit, ngoài các khoáng sét còn có cristôbalit với kích thước hạt nhỏ hơn 1μm, có liên hệ chặt chẽ với các hạt mônmôrilônit.

Các khoáng như quăczit, đá vôi, fenspat có tên chung là các chất làm gầy.

Trong khoáng sét phải kể tới các hiđrôalumôsilicat sau: allofan, kaolinit, halôizit, mônmôrilônit, bađelit, thuỷ mica (flôgôpit, biôtit, muscôvit).

Đất sét được phân thành ba loại phụ thuộc vào nhiệt độ chịu lửa:

- Đất sét dễ chảy t < 1350°C.

- Đất sét khó chảy t = 1350 - 1580°C.

- Đất sét chịu lửa t > 1580°C.

Ôxít nhôm là Al_2O_3 không ngậm nước. Trong chế tạo vật liệu chịu lửa nhẹ thường sử dụng ôxít nhôm kỹ thuật chứa chủ yếu γ-Al_2O_3. Ôxít nhôm kỹ thuật được chế tạo từ quặng bauxit trong đó có mặt γ-Al_2O_3, α và β-Al_2O_3 dưới dạng hiđrôargillit ($Al_2O_3.3H_2O$) và bemit ($Al_2O_3.H_2O$). Ôxít nhôm kỹ thuật không nung có khối lượng thể tích 0,85 - 0,9g/cm^3, khi nung bổ sung đến 1500°C đạt 1,1 - 1,2 g/cm^3 và ở nhiệt độ 1750°C là 1,5 - 1,6g/cm^3.

Sa mốt là phụ gia làm gầy có tác dụng giảm co khi sấy và nung, được chế tạo từ đất sét nung đến mất nước hoá học, được nghiền mịn đến độ mịn $\sum S$ = 3400 - 3900cm^2/g. Khối lượng thể tích đổ đống là 1,15 - 1,2g/cm^3. Độ chịu lửa từ 1720 - 1730°C.

Phụ gia cháy được dùng rộng rãi nhất là mạt cưa. Nên sử dụng mạt cưa có kích thước nhỏ hơn 8mm. Mạt cưa từ các loại gỗ cứng cho phép tạo ra phối liệu thành hình tốt nhất. Ngoài ra có thể sử dụng licnin là phế thải của công nghiệp giấy, mạt than antraxit hay than cốc. Quá trình nung sản phẩm chế tạo theo phương pháp phụ gia cháy trong giai đoạn đầu cần thực hiện trong môi trường ôxy hoá.

7.2. CÁC QUÁ TRÌNH HOÁ LÝ DIỄN RA KHI NUNG ĐẤT SÉT VÀ CÁC THÀNH PHẦN KHÁC CỦA VẬT LIỆU GỐM CÁCH NHIỆT

Quá trình chủ yếu diễn ra trong khi nung chất kết dính ceramic chính là quá trình thiêu kết, nhờ đó các thành phần vật liệu ban đầu bị làm đặc và biến thành vật liệu dạng đá. Cần phân biệt thiêu kết pha rắn và thiêu kết có sự tham gia của pha lỏng.

Thiêu kết pha rắn là quá trình tái kết tinh của các khoáng chất và phản ứng pha rắn giữa các thành phần của khoáng sét với các chất khác để tạo thành sản phẩm gốm cách nhiệt hay vật liệu chịu lửa nhẹ hoặc cũng có thể thu được sản phẩm phân huỷ của các khoáng này. Thiêu kết, với sự có mặt của pha lỏng, là quá trình liên kết giữa các thành phần rắn với sự tham gia của phản ứng hoá học giữa pha rắn và pha lỏng hoặc không có sự tham gia của phản ứng này.

Tái kết tinh là quá trình thay đổi trạng thái kết tinh của vật thể đa tinh thể.

Trong quá trình thiêu kết, vật liệu bị làm đặc lại do đó độ rỗng hở giảm. Phụ thuộc vào mức độ thiêu kết, đất sét có thể phân thành các loại như: đất sét thiêu kết mạnh, thiêu kết trung bình và không thiêu kết. Độ hút nước của sản phẩm tương ứng nhỏ hơn 2%, nhỏ hơn 5% và lớn hơn 5%. Mặt khác các giá trị trên phải xác định tại ít nhất là hai điểm cách nhau 50°C. Theo nhiệt độ thiêu kết, đất sét cũng có thể được phân thành các loại sau: đất sét thiêu kết nhiệt độ thấp, $t \leq 1100°C$, thiêu kết ở nhiệt độ trung bình, $t = 1100 - 1300°C$ và thiêu kết ở nhiệt độ cao, $t \geq 1300°C$.

Khi thiêu kết pha rắn, sản phẩm được làm đặc chủ yếu là do cơ chế khuếch tán của các chất (có thể có khả năng thiêu kết do bay hơi, ngưng tụ hoặc do biến dạng dẻo).

Trong trường hợp thiêu kết có sự tham gia của pha lỏng, diễn ra quá trình chảy dẻo, chảy nhớt của pha lỏng, sự khuếch tán của các ion và ion phức từ pha rắn vào pha lỏng. Khi giảm kích thước hạt từ 10μm xuống 1μm có thể làm tăng tốc độ thiêu kết lên 10 lần. Ngoài ra độ nhớt của pha lỏng tham gia phản ứng thiêu kết có vai trò không kém phần quan trọng.

Pha lỏng không chỉ đơn giản dính kết các hạt vật liệu mà còn có thể hoà tan các thành phần khó chảy, tuy tương đối chậm. Bằng cách đó pha lỏng được làm giàu bởi các ion khuếch tán từ chất khó chảy.

Quá trình thiêu kết pha rắn và thiêu kết với sự có mặt của pha lỏng có liên quan mật thiết với nhau. Khi nhiệt độ tăng, thiêu kết pha rắn sẽ chuyển thành thiêu kết với sự tham gia của pha lỏng.

7.3. CÔNG NGHỆ CÁC SẢN PHẨM GỐM CÁCH NHIỆT

Sản phẩm gốm cách nhiệt rất đa dạng về chủng loại. Tính chất của các loại sản phẩm gốm cách nhiệt phụ thuộc vào loại nguyên liệu sử dụng, phương pháp tạo rỗng và nhiều yếu tố công nghệ khác. Dưới đây là một số ví dụ về công nghệ sản xuất một số loại vật liệu gốm cách nhiệt.

7.3.1. Công nghệ sản phẩm cách nhiệt điatômit (trepel)

Vật liệu cách nhiệt điatômit nung có dạng gạch, rẻ quạt và vỏ trụ, sử dụng trong khoảng nhiệt độ 800 - 900°C. Sản phẩm dạng này được chế tạo bằng cách sử dụng phụ gia cháy hay bọt kỹ thuật. Tính chất của loại sản phẩm này được nêu trong bảng 7.1.

Bảng 7.1. Tính chất của các loại sản phẩm điatômit (trepel)

Mác sản phẩm	Khối lượng thể tích trung bình, kg/m³	Cường độ nén, MPa	Độ dẫn nhiệt, W/(m.°C), đo ở nhiệt độ, °C	
			50	350
Sản phẩm điatômit bọt nung	≤ 350	0,6	0,087	0,128
D-500	421 - 525	0,6	0,116	0,186
D-600	526 - 630	0,6	0,139	0,209
T-600	526 - 630	0,6	0,139	0,209
T-700	631 - 735	1,0	0,174	0,267

Ghi chú: Bốn loại sản phẩm là D-500, D-600, T-600, T-700 được tạo rỗng theo phương pháp phụ gia cháy.

Công nghệ sản phẩm điatômit nung được thực hiện theo tuần tự: điatômit sau khi sấy được nghiền và trộn với phụ gia cháy tạo rỗng, cụ thể là mạt cưa sau đó được làm ẩm. Hỗn hợp này được cho vào máy ép lentô để tạo hình sản phẩm. Tiếp theo là công đoạn sấy và nung sản phẩm. Trong quá trình nung, phụ gia tạo rỗng cháy tạo ra cấu trúc rỗng, điatômit bị thiêu kết tạo cường độ cần thiết cho sản phẩm.

Xu thế hiện nay là công nghệ sử dụng thiết bị mới, hiện đại nhằm thúc đẩy quá trình gia công phối liệu và cho phép tạo ra phối liệu thành hình có chất lượng cao. Chẳng hạn khi sử dụng máy nghiền đứng cho phép kết hợp nghiền và sấy nguyên liệu đồng thời. Việc sử dụng máy trộn begun thay cho máy trộn ẩm cho phép cải thiện đáng kể đặc tính tạo hình và cấu trúc của sản phẩm điatômit.

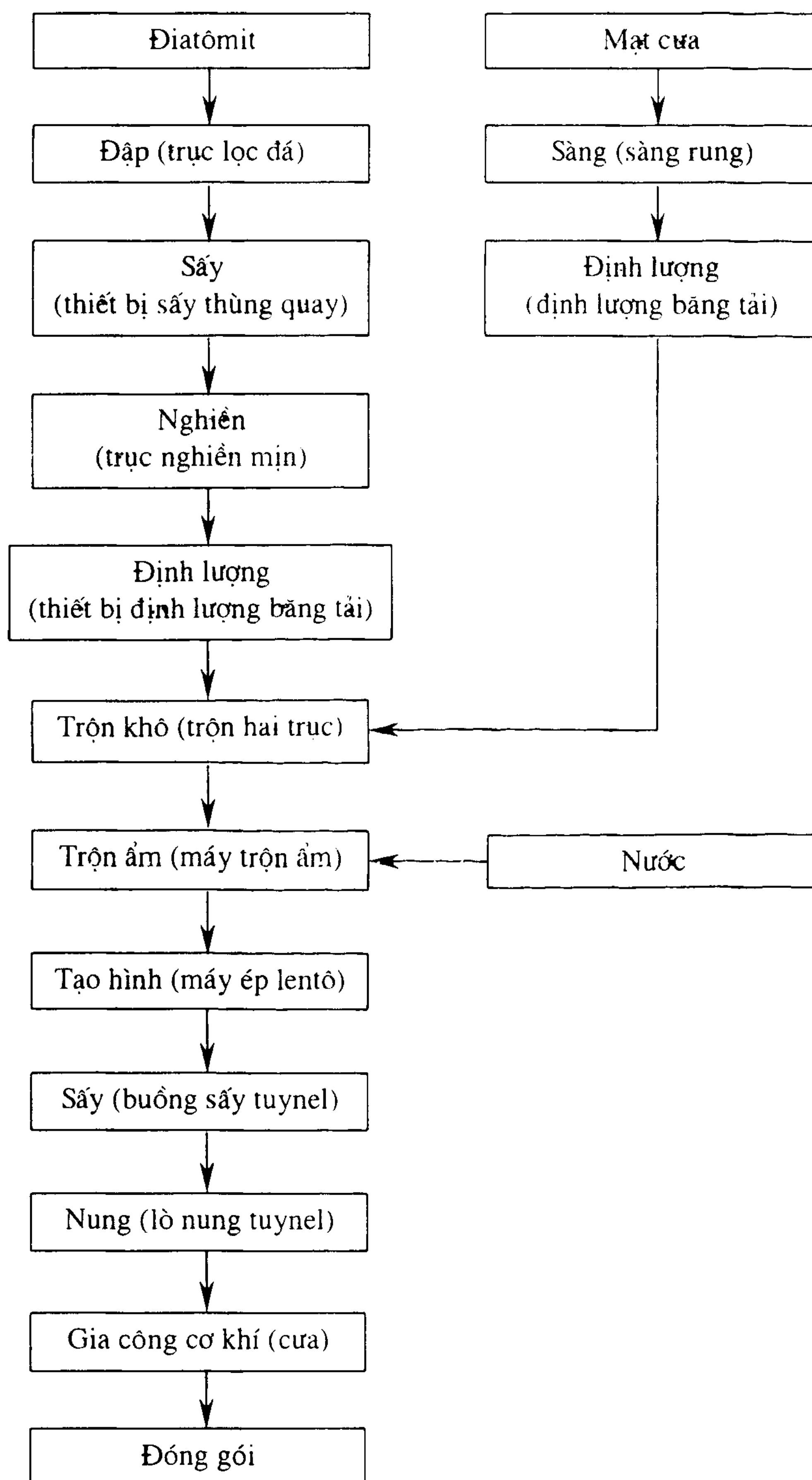
- Chuẩn bị nguyên liệu: quá trình chuẩn bị nguyên liệu được thực hiện với điatômit (trepel), sau khi được khai thác và vận chuyển về nhà máy, sẽ qua khâu đập và loại bỏ tạp chất, sau đó đem sấy đến độ ẩm 5 - 10% và đem đi nghiền. Để chế tạo sản phẩm có khối lượng thể tích từ 500 - 700kg/m^3 thường sử dụng 35 - 25% mạt cưa. Độ ẩm tạo hình của phối liệu phụ thuộc vào thành phần chứa silic, độ rỗng tự nhiên và độ nghiền mịn của nó cũng như kích thước hạt của mạt cưa, loại gỗ tạo ra mạt cưa. So với điatômit thì trepel có lượng nước nhào trộn nhỏ hơn, do đó sản phẩm từ trepel có độ rỗng nhỏ hơn. Hỗn hợp tạo hình thường có độ ẩm tạo hình từ 60 - 65%, còn khi sử dụng trepel, độ ẩm tạo hình trong khoảng 40 - 42%. Sản phẩm điatômit (trepel) thường được tạo hình theo phương pháp dẻo.

- Sấy và nung sản phẩm: quá trình sấy được thực hiện theo chế độ khắc nghiệt hơn so với sấy gạch chỉ. Sự có mặt của mạt cưa trong phối liệu tạo hình làm thay đổi về bản chất tính chất sấy. Mạt cưa với danh nghĩa là phụ gia gầy sẽ làm giảm độ co khi sấy, mặt khác làm tăng khả năng dẫn ẩm của sản phẩm, giảm khả năng xuất hiện ứng suất do građien ẩm. Tất cả những yếu tố nói trên tạo điều kiện đẩy nhanh quá trình sấy. Để sấy sản phẩm thường sử dụng lò tuynen hoạt động theo nguyên tắc ngược dòng. Thời gian sấy không quá 12 giờ.

Quá trình nung sản phẩm tạo điều kiện thiêu kết nguyên liệu điatômit tạo thành sản phẩm dạng đá.

Điatômit tinh khiết chỉ chứa ôxít silic ngậm nước dạng vô định hình. Đó là một loại vật liệu khó cháy có nhiệt độ nóng chảy gần 1700°C. Tuy nhiên điatômit và trepel luôn bị nhiễm bẩn bởi các tạp chất khác, do đó quá trình thiêu kết thường xảy ra ở nhiệt độ từ 800 - 900°C. Sự phân bố đồng đều của mạt cưa sẽ tạo điều kiện cho quá trình nung xảy ra nhanh hơn. Thời gian nung sản phẩm không được lâu hơn 16 - 20 giờ và phụ thuộc vào kích thước sản phẩm.

Sơ đồ nguyên lý công nghệ diatômit nung sử dụng phụ gia cháy tạo rỗng

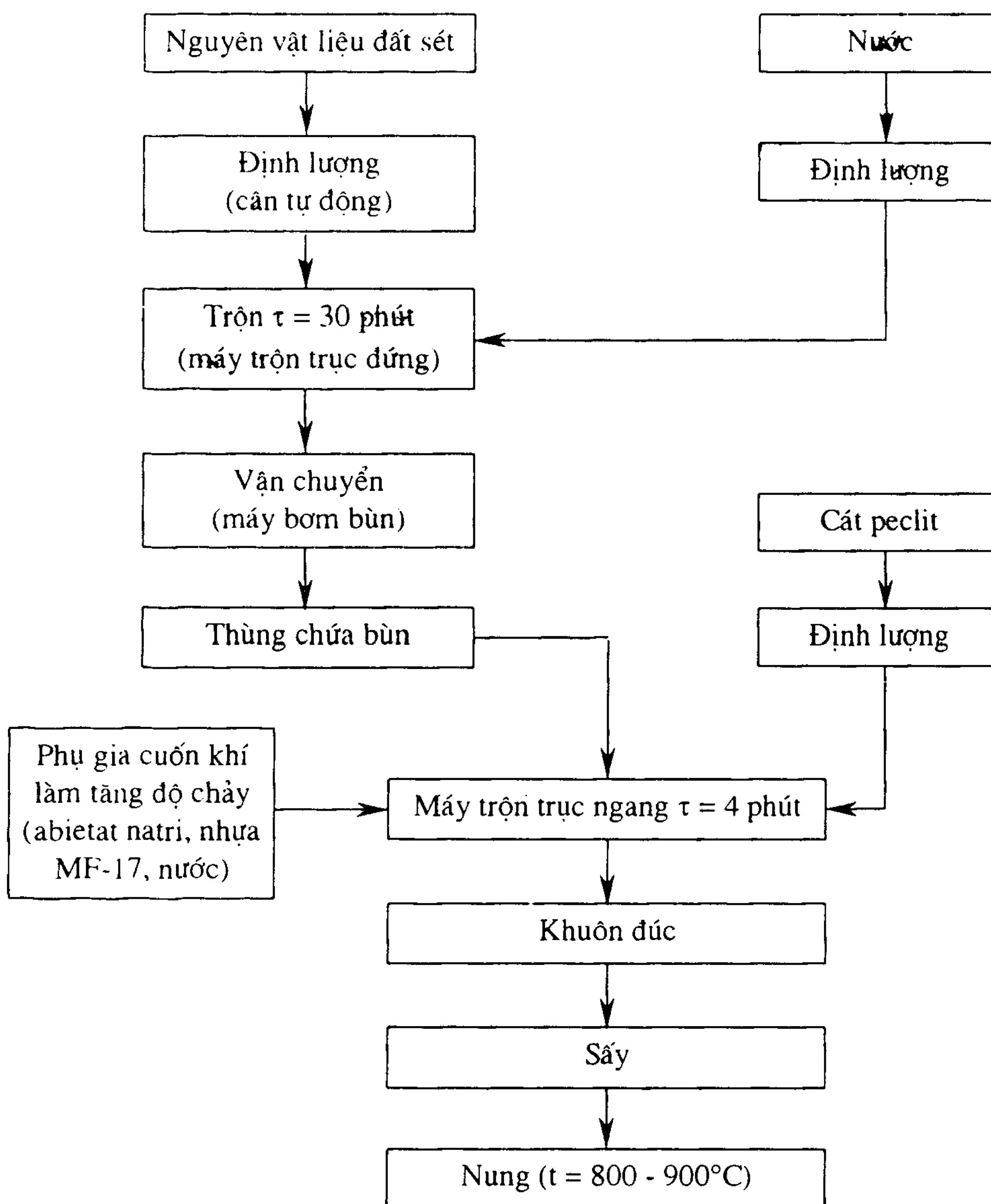


7.3.2. Công nghệ sản phẩm gốm peclit

Thành phần phối liệu gồm 10% peclit, 90% đất sét và 10% licnin làm phụ gia cháy. Tạo hình bằng phương pháp đúc rót hay ép với áp lực 0,4MPa. Nhiệt độ nung tương ứng 800°C và 900°C.

Sản phẩm có khối lượng thể tích γ_0 = 300 và 350kg/m^3, cường độ nén R_n = 0,4 - 1MPa, độ dẫn nhiệt λ = 0,06 - 0,083W/(m.°C).

Sơ đồ công nghệ sản xuất gốm peclit



7.3.3. Công nghệ vật liệu chịu lửa nhẹ samốt

Vật liệu chịu lửa nhẹ samốt thuộc nhóm vật liệu chịu lửa alumôsilicat. Phụ thuộc vào hàm lượng ôxít nhôm chúng được phân thành: vật liệu chịu lửa bán kiềm tính ($Al_2O_3 \leq 28\%$), vật liệu chịu lửa samốt ($Al_2O_3 = 28 - 45\%$) và vật liệu chịu lửa cao nhôm ($Al_2O_3 > 45\%$). Như vậy, sự khác biệt chủ yếu giữa các sản phẩm nhóm này là tỷ lệ giữa ôxít Al_2O_3 và SiO_2 là những thành phần chính trong vật liệu. Các ôxít khác như Fe_2O_3, Ti_2O, CaO, MgO, K_2O là tạp chất, với khối lượng không đáng kể thường không vượt quá 4 - 7%. Nguyên liệu để chế tạo vật liệu chịu lửa alumôsilicat là đất sét chịu lửa có thể có phụ gia bổ sung các ôxít thiếu.

Tuỳ thuộc vào độ chịu lửa mà vật liệu chịu lửa nhẹ samốt được phân loại theo bảng sau:

Bảng 7.2. Phân loại vật liệu samốt theo độ chịu lửa

Loại	Nhiệt độ t°C	Hàm lượng Al_2O_3 %)
O	1750	40 - 45
A	1730	38 - 42
B	1670	32 - 38
C	1580	30 - 34

Trong công nghệ sản xuất vật liệu chịu lửa nhẹ thường sử dụng đá sét cao lanh chứa từ 25 - 37% Al_2O_3 và 45 - 60% SiO_2. Trong sản xuất sản phẩm samốt nhẹ thường sử dụng 100% nguyên liệu thiên nhiên không có sự bổ sung phối liệu bằng các loại phụ liệu chứa Al_2O_3 như bauxit, sét nhôm kỹ thuật.

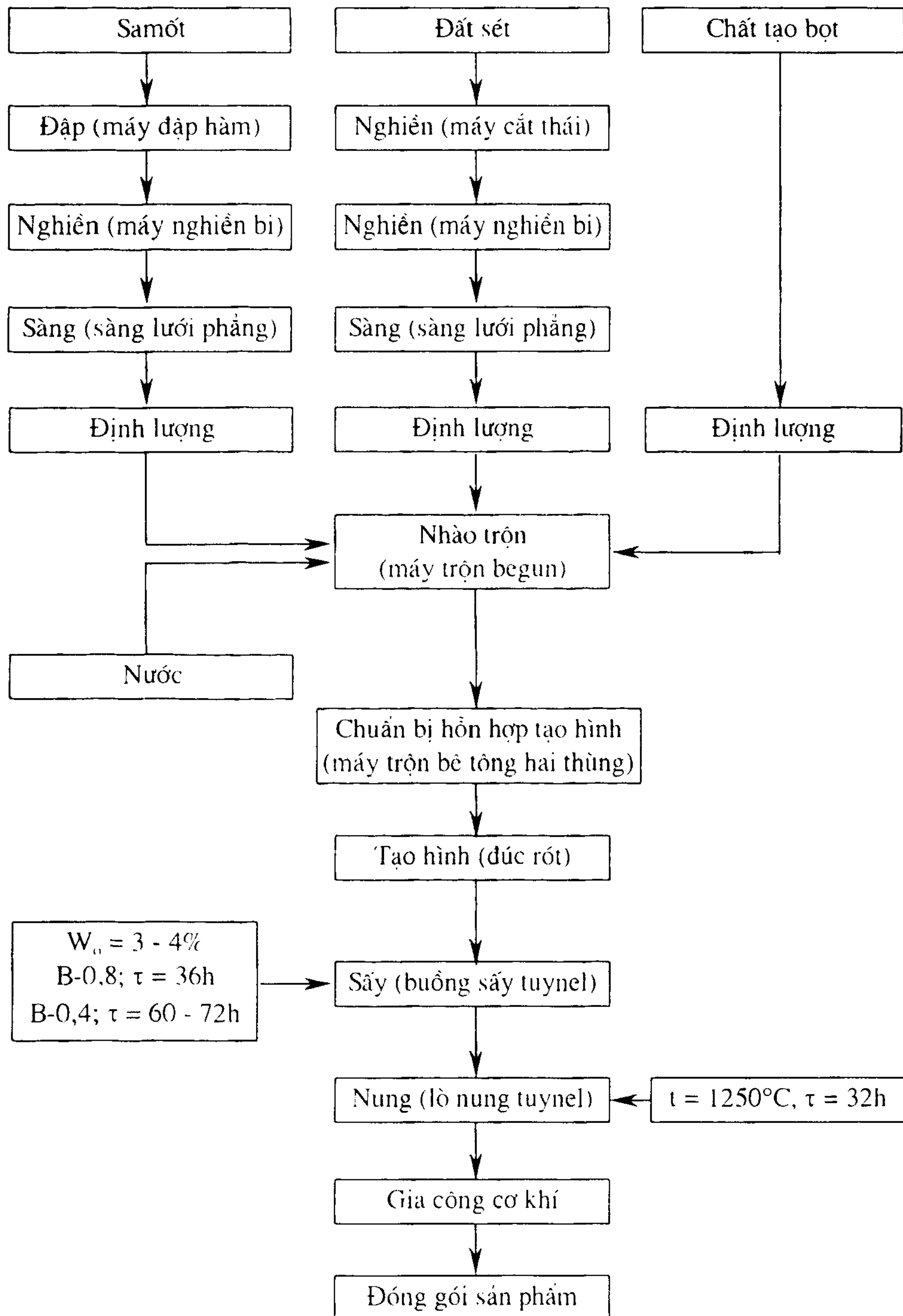
Thành phần phối liệu của sản phẩm cách nhiệt samốt nhẹ theo phương pháp tạo bọt bảng 7.3.

Bảng 7.3. Phối liệu để sản xuất sản phẩm chịu lửa nhẹ samôt

Loại sản phẩm	Nguyên liệu, % khối lượng				Độ ẩm của khối đã tạo bọt %
	Đất sét	Samốt	Peclit	Chất tạo bọt	
Samôt nhẹ B-0,8	15 - 20	85 - 80	-	1,5 - 1,7	35 -37
Samôt nhẹ B-0,4	55 - 60	33 - 30	10 - 12	2,3 - 2,5	57 -62

Độ nghiền mịn của sản phẩm samốt nhẹ B-0,8 từ 5500 - 6000m^2/g và cho sản phẩm samốt nhẹ B-0,4 là 8000 - 9000cm^2/g.

Sơ đồ nguyên lý công nghệ vật liệu chịu lửa nhẹ samôt theo phương pháp tạo bọt



Trong thực tế có thể chọn chất hoạt động bề mặt cho trực tiếp vào trộn chung với phối liệu trong máy trộn có chấn động.

Bảng 7.4. Tính chất cơ lý của một số loại vật liệu chịu lửa nhẹ samôt

Sản phẩm	R_n, MPa	λ, W/(m.°C), ở t = 350°C	Độ co (%) ở t = 1350°C	Độ chịu lửa (°C)	Nhiệt độ mềm (°C)	Độ bền nhiệt (lần nhúng ướt/nhiệt độ khi nhúng)
Samốt siêu nhẹ B-0,4	0,8 - 1,2	0,149	-	1670-1710	1100	-
Samốt bọt nhẹ B-0,6	1,2 - 1,5	0,11	0,5	1710	1210	4/850°C
B-0,7	1,5	0,395	0,1	1690	1270	-
B-0,8	2 - 2,5	0,545	0,5	1680	1210	(2 - 3)/850
B-1,0	2-3	0,418	0,1 - 0,5	1680	-	(10 - 13)/1300

Chương VII

BÊ TÔNG TỔ ONG CÁCH NHIỆT

Bê tông tổ ong là vật liệu đá nhân tạo. Trong cấu trúc của bê tông tổ ong, ngoài các lỗ rỗng mao quản và lỗ rỗng vi mô, còn có các lỗ rỗng tổ ong. Bê tông tổ ong được tạo thành từ hỗn hợp chất kết dính và cốt liệu nghiền mịn hoạt tính qua quá trình rắn chắc tự nhiên hoặc gia công nhiệt ẩm.

8.1. PHÂN LOẠI BÊ TÔNG TỔ ONG

Có thể phân loại bê tông tổ ong theo một trong những đặc điểm sau:

8.1.1. Phân loại theo chất tạo rỗng

- Bê tông khí, silicat khí (lỗ rỗng được tạo ra do phản ứng thải khí làm phồng nở hỗn hợp trong quá trình đông kết).

- Bê tông bọt, silicat bọt (độ rỗng được hình thành do quá trình sủi bọt hỗn hợp hoặc trộn bọt kỹ thuật đã chế tạo sẵn với hỗn hợp).

- Bê tông tổ ong và silicat tổ ong tạo rỗng bằng cả hai phương pháp tạo bọt và tạo khí (làm sủi bọt hỗn hợp đã được tạo rỗng bằng bọt).

8.1.2. Phân loại theo chất kết dính sử dụng

- Bê tông bọt, bê tông khí (bê tông tổ ong) được chế tạo bằng ximăng pooclăng, chất kết dính nefelin, hoặc ximăng xỉ có hoặc không có phụ gia vôi và thạch cao.

- Silicat bọt, silicat khí (silicat tổ ong) được chế tạo từ chất kết dính silicat có thể có phụ gia thạch cao hoặc phụ gia chất kết dính clanhke $\leq 10\%$.

- Thạch cao tạo bọt, thạch cao khí, sản xuất từ chất kết dính thạch cao.

- Manhêzit bọt, manhêzit khí (chất kết dính manhêzi).

8.1.3. Phân loại phụ thuộc vào đặc điểm rắn chắc

- Bê tông tổ ong rắn chắc trong điều kiện tự nhiên (áp suất thường, nhiệt độ thường). Phần lớn các trường hợp cho thấy đây không phải là phương án

kinh tế do quá trình rắn chắc diễn ra trong thời gian dài và làm xuất hiện biến dạng co ngót lớn.

- Bê tông tổ ong rắn chắc trong điều kiện áp suất thường trong bể dưỡng hộ hay trong các khuôn nhiệt (đốt nóng tiếp xúc), trong các khuôn cấu tạo đặc biệt có hệ thống đốt điện, v.v...

- Bê tông tổ ong, silicat tổ ong rắn chắc trong điều kiện nhiệt độ cao, áp suất cao (chưng hấp autôcla).

- Bê tông tổ ong rắn chắc trong điều kiện được tạo ra bởi hai hoặc nhiều phương pháp rắn chắc kể trên.

- Bê tông tổ ong rắn chắc trong điều kiện bão hoà khí CO_2.

8.2. CÁC TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA BÊ TÔNG TỔ ONG CÁCH NHIỆT

8.2.1. Khối lượng thể tích

Theo tiêu chuẩn xây dựng của Liên Xô trước đây, I-B.3-62, bê tông tổ ong được sấy khô đến khối lượng không đổi được phân loại theo khối lượng thể tích như sau:

- Từ 250 - 500kg/m^3: bê tông tổ ong cách nhiệt;

- Từ 500 - 900kg/m^3: bê tông tổ ong cách nhiệt - cấu kiện;

- Từ 900 - 1200kg/m^3: bê tông tổ ong cấu kiện.

Theo ГОСТ 16381-70, bê tông tổ ong có khối lượng thể tích đến 350kg/m^3 thuộc nhóm vật liệu cách nhiệt xây dựng nhẹ, còn khi khối lượng thể tích trong khoảng 400 - 600kg/m^3 là vật liệu cách nhiệt xây dựng nặng.

8.2.2. Cường độ

Bê tông tổ ong có mác theo cường độ được xác định trên mẫu có kích thước 10×10×10cm, hay mẫu kích thước khác với hệ số quy đổi thích ứng, ở tuổi 28 ngày sau khi đã bảo dưỡng nhiệt ẩm hoặc gia công nhiệt.

Bê tông tổ ong thuộc loại vật liệu giòn. Hệ số đàn hồi của bê tông tổ ong E = 0,92 ÷ 0,97, được xác định theo công thức:

$$E = \frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_t} \qquad (8\text{-}1)$$

Trong đó:

ε_s - biến dạng đàn hồi;

ε_t - biến dạng tổng.

ε_t được xác định ở giá trị $\sigma = 0{,}5R$ trên mẫu lăng trụ chế tạo từ bê tông tổ ong, được ép theo phương pháp gia tải gián đoạn, ở từng mức gia tải phải giữ trong khoảng từ 5 - 15 phút.

8.2.3. Độ dẫn nhiệt

Hệ số dẫn nhiệt của bê tông tổ ong phụ thuộc chủ yếu vào khối lượng thể tích và độ ẩm. Độ dẫn nhiệt ở nhiệt độ 18°C trong trạng thái khô được nêu trong bảng sau:

Bảng 8.1. Giá trị độ dẫn nhiệt với khối lượng thể tích khác nhau

Khối lượng thể tích γ_o, kg/m^3	170 - 200	300 - 400	500	600	700	800	900	1000
Độ dẫn nhiệt λ, $W/(m.°C)$	0,062	0,093-0,105	0,016-0,128	0,144	0,151-0,163	0,174-0,198	0,186-0,233	0,209-0,256

Độ dẫn nhiệt của bê tông tổ ong tăng khi bị làm ẩm và có thể được xác định theo công thức sau:

$$\lambda = \lambda_k\left(1 + \frac{W.\delta_w}{100}\right) \qquad (8\text{-}2)$$

Trong đó:

λ_k - độ dẫn nhiệt của bê tông tổ ong ở trạng thái khô;

W - độ ẩm thể tích, phần trăm;

δ_w - số gia hệ số dẫn nhiệt khi độ ẩm thể tích tăng lên 1%.

Giá trị δ_w phụ thuộc vào khối lượng thể tích, cụ thể với $\gamma_o = 300kg/m^3$ thì $\delta_w = 8{,}2$; $\gamma_o = 500kg/m^3$, $\delta_w = 7{,}2$; $\gamma_o = 700kg/m^3$, $\delta_w = 6{,}3$; $\gamma_o = 800kg/m^3$, $\delta_w = 4{,}5$; $\gamma_o = 1000kg/m^3$, $\delta_w = 4{,}0$; $\gamma_o = 1100kg/m^3$, $\delta_w = 3{,}0$; $\gamma_o = 1200kg/m^3$ thì $\delta_w = 2{,}8$.

Khi xác định chiều dày cần thiết của cấu kiện thường chọn giá trị độ dẫn nhiệt, có kể đến độ ẩm làm việc, bằng 8% theo thể tích.

8.2.4. Độ ẩm hấp phụ và độ hút nước

Độ ẩm của bê tông tổ ong tăng khi độ ẩm tương đối của không khí tăng (xem bảng 8.2).

Bảng 8.2. Độ ẩm và độ hút nước của bê tông tổ ong

Khối lượng thể tích, $\gamma_{khô}$, kg/m^3	Độ ẩm hấp phụ theo thể tích khi độ ẩm tương đối của không khí, % theo khối lượng					Độ ẩm thể tích sau 3 - 4 ngày đêm nhúng ngập từ từ trong nước	
	40	60	80	97	100	Cốt liệu thạch anh	Tro
300	0,7	1,2	1,5	2	3,1	21	30
500	1,4	1,8	2,9	6,2	9,4	26	36
700	2	2,6	4	8,5	12	30	41
900	2,8	3,4	5,2	12	16	35	45
1000	3,2	3,8	6	13	18	38	48

Độ hút nước của bê tông tổ ong tăng khi khối lượng thể tích giảm và phụ thuộc vào loại cốt liệu nghiền mịn. Độ hút nước khối lượng H_p của bê tông tổ ong cát nghiền thấp hơn của bê tông tổ ong có cốt liệu từ tro bay.

Trong tính toán chọn chiều dày của kết cấu thường chọn W_v = 8 - 12%, trong khi đó đối với tấm mái W_v > 15%.

Cường độ bám dính của bê tông tổ ong với cốt thép khoảng 1,6 - 2,5MPa, khi khối lượng thể tích từ 700 - 800kg/m^3 xác định ở thời điểm 3 - 6 tháng, sau khi kết thúc gia công autôcla. Trong trường hợp cốt thép có lớp chống gỉ, giá trị đó giảm 20 - 25%.

8.3. NGUYÊN VẬT LIỆU ĐỂ CHẾ TẠO BÊ TÔNG TỔ ONG

8.3.1. Cát

Thường sử dụng cát có hàm lượng SiO_2 không dưới 90%, tạp chất sét ≤ 5% và mica ≤ 0,5%.

Cát cần có độ nghiền mịn Blaine từ 2000 - 3500cm²/g đối với bê tông tổ ong có khối lượng thể tích 700 - 300kg/m^3. Cát không nghiền có tỷ diện từ 30 - 190cm^2/g. Thực tế cho thấy bê tông tổ ong và silicat tổ ong được chế tạo từ cát sạch, có hàm lượng ôxít silic lớn cho cường độ cao hơn.

8.3.2. Vôi và chất kết dính silicat

Để chế tạo bê tông tổ ong thường sử dụng vôi sống nghiền mịn ít magiê với hàm lượng $MgO \leq 5\%$.

Vôi phải có hoạt tính $CaO + MgO \geq 70\%$. Hàm lượng hạt già lửa $\leq 2\%$. Tốc độ tôi từ 10 - 30 phút. Khi sử dụng vôi tôi nhanh có thể cho thêm thạch cao, thuỷ tinh lỏng, bã rượu sunfit, v.v... Vôi chưa tôi thường được nghiền riêng, song khi nghiền chung với cát hay các thành phần chứa silic khác cho kết quả khả quan hơn. Chất kết dính silicat có tỷ lệ vôi : cát = 1 : 1, thường có độ nghiền mịn $\sum S = 4500 - 5000 cm^2/g$.

Công nghệ chế tạo silicat khí sử dụng bột vôi sống nghiền mịn, hỗn hợp có thể đạt nhiệt độ 80 - 90°C. Trong nhiều trường hợp nhiệt thuỷ hoá vôi làm nứt sản phẩm mới thành hình, do đó cần sử dụng biện pháp hạ thấp nhiệt độ.

8.3.3. Ximăng poóclăng và các loại ximăng clanhke khác

Để chế tạo bê tông tổ ong có chưng hấp autôcla có thể sử dụng ximăng poóclăng, ximăng poóclăng puzơlan, ximăng poóclăng xỉ có hoạt tính 300 và 400. Tuy nhiên, với mục đích tiết kiệm ximăng có thể sử dụng một phần vôi và vật liệu chứa silic (cát, tro bay, xỉ lò cao, v.v...).

8.3.4. Bùn nefelin và chất kết dính nefelin

Bùn nefelin là phế thải của ngành luyện nhôm từ bauxit. Từ bùn nefelin có thể chế tạo ximăng nefelin mác 150 - 250, không qua khâu nung có chứa 20 - 25% clanhke, 80 - 75% nefelin (có thể thay 4% bùn nefelin bằng thạch cao); hoặc 85% bùn nefelin, 15% vôi và 5% thạch cao (tính theo khối lượng khô).

8.3.5. Phế thải của các ngành công nghiệp

Tro bay của các nhà máy nhiệt điện là loại nguyên liệu phổ biến, đa dạng về thành phần hoá, độ mịn và hàm lượng các chất hữu cơ không cháy.

Xỉ lò cao nghiền mịn, trong nhiều trường hợp, là thành phần nguyên liệu chính để chế tạo bê tông tổ ong.

Trepel và diatômit được sử dụng để chế tạo vật liệu cách nhiệt autôcla với sự có mặt của vôi, tạo khí bằng bột nhôm.

Thạch cao ngậm hai phân tử nước được sử dụng dưới dạng phụ gia trong nhiều trường hợp làm tăng cường độ sản phẩm. Độ mịn của phụ gia thạch cao

tính theo lượng sót sàng No.02 ≤ 13%. Nên nghiền chung thạch cao với vôi đến độ mịn $\sum S = 5000 cm^2/g$. Khi gia công nhiệt ẩm sản phẩm được tiến hành theo công nghệ hai giai đoạn để đạt cường độ tháo khuôn sản phẩm sau giai đoạn đầu và chất tải autôcla thường sử dụng thạch cao ngậm 0,5 phân tử nước.

8.3.6. Phụ gia rắn nhanh

Phụ gia rắn nhanh dùng trong chế tạo bê tông tổ ong từ chất kết dính ximăng không chưng hấp autôcla là $CaCl_2.nH_2O$; $Al_2(SO_4)_3$; H_2O_2; hỗn hợp gồm $0,75CaCl_2$, $0,25AlCl_3$ hoặc $FeCl_2$; thuỷ tinh lỏng. Đối với chất kết dính silicat, thuỷ tinh lỏng đóng vai trò phụ gia chậm rắn.

Yêu cầu đối với phụ gia rắn nhanh $CaCl_2$ phải chứa ít nhất 67% $CaCl_2$ tinh khiết. Đối với thuỷ tinh lỏng thì môđun silicat (SiO_2 : Na_2O) nằm trong khoảng 2,6 - 3 và mật độ từ 1,43 - 1,55.

8.3.7. Chất tạo bọt

Trong sản xuất bê tông tổ ong thường sử dụng chất tạo bọt keo nhựa thông, nhựa sapônin, huyết thuỷ phân và các chất tạo bọt khác. Bọt được chế tạo từ các chất tạo bọt nói trên phải có độ sụt của cột bọt sau 1 giờ không quá 10mm, năng suất bọt không nhỏ hơn 15 lít/kg chất tạo bọt và hệ số sử dụng bọt không nhỏ hơn 0,8.

Keo nhựa thông được pha chế như sau: 300 ± 3ml nước trộn với 60 gam chất tạo bọt keo nhựa thông. Còn chất tạo bọt sapônin theo tỷ lệ 500 ± 10ml nước trộn với 42 - 62,5 gam chất tạo bọt.

Trong $1m^3$ sản phẩm có khối lượng thể tích 450 - 500kg/m^3 có thể dùng:

- Chất tạo bọt với hàm lượng 0,08 - 0,14kg keo kazein, 0,07 - 0,1kg nhựa thông và 0,013 - 0,017kg NaOH.

- Chất tạo bọt ПО-6 - huyết thuỷ phân: huyết thuỷ phân = 1,4 - 1,75kg, FeS = 0,036 - 0,07kg.

8.3.8. Chất tạo khí

Bột nhôm kỹ thuật mác No.1; No.2, sử dụng làm chất tạo màu trong sản xuất sơn các loại, được dùng làm phụ gia tạo khí. Yêu cầu đối với bột nhôm kỹ thuật được nêu trong bảng 8.3.

Bảng 8.3. Yêu cầu kỹ thuật đối với bột nhôm

Mác	Khả năng dàn mỏng, cm^2/g	Độ mịn, sót sàng, %			Nổi trên nước, %	Thành phần tạp chất,%				Độ ẩm, %	Phụ gia béo, %
		0,08	0,056	0,045		Fe	Si	Cu	Mg		
No.1	7000	1	-	-	80	0,5	0,4	0,05	0,01	0,2	3,8
No.2	10000	-	0,3	0,5	80	0,5	0,4	0,05	0,01	0,2	3,8

8.4. THIẾT KẾ THÀNH PHẦN BÊ TÔNG TỔ ONG

8.4.1. Phương pháp Tiêu chuẩn Xây dựng 277-70 (Liên Xô cũ) tức phương pháp A.-T. Baranôv

a) Xác định hệ số C, tức tỷ lệ SiO_2/CaO

+ Đối với chất kết dính là vôi, tức A = 100% thì C_v = 3,5; 4,5 và 5. Nếu $A_1 \leq 100\%$ thì $C_v' = C_v.A_1$; trong đó A là hoạt tính của vôi.

+ Đối với chất kết dính vôi - xỉ hoặc ximăng - xỉ C = 0,6; 0,8 và 1.

+ Đối với chất kết dính ximăng nefelin C = 0,75; 1 và 1,25.

+ Đối với chất kết dính ximăng pooclăng C = 1; 1,25; 1,5 và 1,75 cho bê tông tổ ong chưng hấp autôcla; C = 0,75; 1 và 1,25 dùng cho bê tông không chưng hấp autôcla, nhưng có sử dụng tro bay nhiệt điện.

Lượng dùng bột nhôm hay dung dịch chất tạo bọt được xác định theo công thức sau:

$$B = \frac{r}{\alpha.k} \cdot V \quad (8\text{-}3)$$

Trong đó:

r - độ rỗng của hỗn hợp vữa đã phồng nở, %;

V - thể tích bê tông tổ ong, m^3;

α - hệ số sử dụng chất tạo rỗng (α = 0,85 khi dùng bột nhôm; α = 0,8 khi dùng bọt kỹ thuật;

k - hệ số năng suất chất tạo khí (k = 1390 lít/kg khi dùng bột nhôm và k = 20 lít/kg đối với chất tạo bọt).

Độ rỗng của hỗn hợp đã phồng nở được tính theo công thức:

$$r = 1 - \frac{\gamma_{kh}}{k_c}\left(W + \frac{N}{R}\right) \tag{8-4}$$

Trong đó:

k_c - hệ số kể đến nước liên kết hoá học (k_c = 1,1);

γ_{kh} - khối lượng thể tích của bê tông tổ ong, kg/l;

N/R - tỷ lệ nước/rắn;

W - thể tích riêng của hỗn hợp khô, l/kg.

Ghi chú:

Công thức (8-4) có được xuất phát từ:

$$r = 1 - \frac{\gamma_{kh}}{\gamma_v} \tag{8-5}$$

Trong đó khối lượng thể tích vữa đặc:

$$\gamma_v = \frac{R.k_c}{V_R + N} = \frac{k_c}{\frac{V_R}{R} + \frac{N}{R}} = \frac{k_c}{W + \frac{N}{R}}$$

Thay khối lượng thể tích vữa đặc γ_v vào biểu thức (8-5) ta có:

$$r = 1 - \frac{\gamma_{kh}}{k_c}\left(W + \frac{N}{R}\right)$$

Trong đó W = V_r/R gọi là thể tích riêng của hỗn hợp khô.

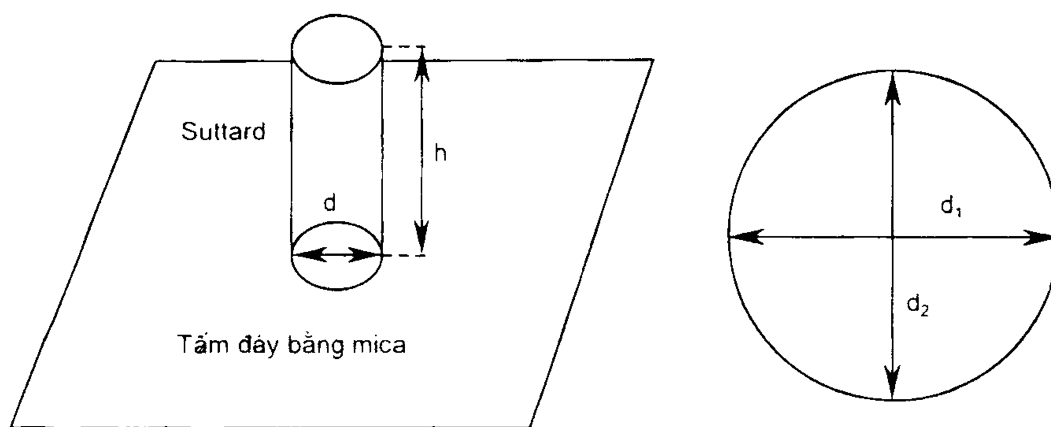
Khối lượng vật liệu khô:

$$P_{kh} = \frac{\gamma_{kh}}{k_c} \cdot V \tag{8-6}$$

Lượng dùng chất kết dính:

$$P_{ckd} = \frac{P_{kh}}{1 + C} \tag{8-7}$$

Tỷ lệ N/R được xác định dựa trên độ chảy (độ xoè) của vữa đo bằng dụng cụ Suttard, hay còn gọi là nhớt kế Suttard.



Dụng cụ Suttard gồm một ống trụ thép mạ niken cao 4 inch (≈ 100mm) đường kính 2 inch (≈ 5mm). Hỗn hợp cần tạo rỗng được đổ đầy ống trụ, sau đó nhấc lên. Vữa sẽ chảy thành hình bánh đa có đường kính trung bình phụ thuộc vào độ chảy của vữa. Dùng thước đo hai đường kính vuông góc với nhau, lấy giá trị trung bình $d_{tb} = (d_1 + d_2)/2$ gọi là độ chảy của vữa.

Đối với bê tông tổ ong có γ_{kh} = 400 - 700kg/m^3 giá trị độ chảy hợp lý được chọn như sau:

- Bê tông bọt với chất kết dính ximăng hay hỗn hợp: d_{tb} = 34 - 24cm.
- Bê tông khí với chất kết dính ximăng hay hỗn hợp: d_{tb} = 34 - 22cm.
- Silicat khí với chất kết dính ximăng hay hỗn hợp: d_{tb} = 25 - 19cm.
- Silicat khí với chất kết dính nefelin: d_{tb} = 42 - 26cm.
- Silicat khí với chất kết dính vôi xỉ: d_{tb} = 26 - 20cm.

Ghi chú: Giá trị bé dùng cho công nghệ rung phồng.

Trong quá trình sản xuất phải thường xuyên kiểm tra khối lượng thể tích của bê tông tổ ong (γ_{kh}) theo khối lượng thể tích ở trạng thái ướt (γ_u) như công thức sau:

$$\gamma_u = \gamma_{kh} \cdot \frac{1 + \frac{N}{R}}{k_c} \qquad (8\text{-}8)$$

Trong đó:

$$\gamma_u = \frac{R.k_c}{V_R + V_k + N} = \frac{k_c}{\frac{V_R + V_k + N}{R}} \qquad (8\text{-}9)$$

$$\gamma_{kh} = \frac{R + N}{V_R + V_k + N} = \frac{1 + \frac{N}{R}}{\frac{V_R + V_k + N}{R}} \quad (8\text{-}10)$$

Với V_R - thể tích tuyệt đối của pha rắn; V_k - thể tích không khí.

8.5. CÔNG NGHỆ BÊ TÔNG TỔ ONG CÁCH NHIỆT

Quy trình chế tạo bê tông tổ ong cách nhiệt bao gồm các công đoạn: chuẩn bị phối liệu; chuẩn bị hỗn hợp phồng nở; tạo hình sản phẩm; gia công nhiệt.

8.5.1. Chuẩn bị phối liệu

Nhằm mục đích tăng độ ổn định cấu trúc rỗng trong giai đoạn tạo hình và để tạo ra một lượng lớn các sản phẩm hiđrat trong sản xuất bê tông tổ ong cách nhiệt thường sử dụng phối liệu nghiền mịn. Khi khối lượng thể tích của bê tông tổ ong càng nhỏ thì độ nghiền mịn càng cao.

Ximăng và chất tạo rỗng như bột nhôm có độ mịn lớn, do đó không cần qua khâu nghiền. Thành phần chứa silic và vôi cục cần phải nghiền đến độ mịn cần thiết. Tuy nhiên việc nghiền bổ sung ximăng (có thể nghiền ướt) có ảnh hưởng tích cực đến phẩm chất của sản phẩm.

Trong thực tế có thể áp dụng hai phương pháp nghiền:

- Nghiền ướt thành phần chứa silic (cát) và nghiền khô chất kết dính hỗn hợp vôi - cát theo tỷ lệ 0,2 : 1. Hàm lượng nước trong bùn cần giữ ở mức tạo ra độ chảy tốt (mật độ của bùn khoảng 1,6g/ml).

- Nghiền khô vôi, ximăng, cát với độ ẩm cát không quá 2%.

Nghiền kết hợp các thành phần phối liệu góp phần làm tăng độ đồng nhất và có thể dự trữ phối liệu trong thời gian dài.

Trong quá trình nghiền khô cũng như nghiền ướt cần sử dụng phụ gia hoạt động bề mặt để giảm nhẹ quá trình nghiền.

8.5.2. Chuẩn bị hỗn hợp phồng nở

Phương pháp chuẩn bị hỗn hợp phồng nở phụ thuộc vào công nghệ thành hình và loại chất tạo rỗng: công nghệ đúc rót (bê tông bọt, silicat bọt); công nghệ rung phồng (bê tông khí, silicat khí).

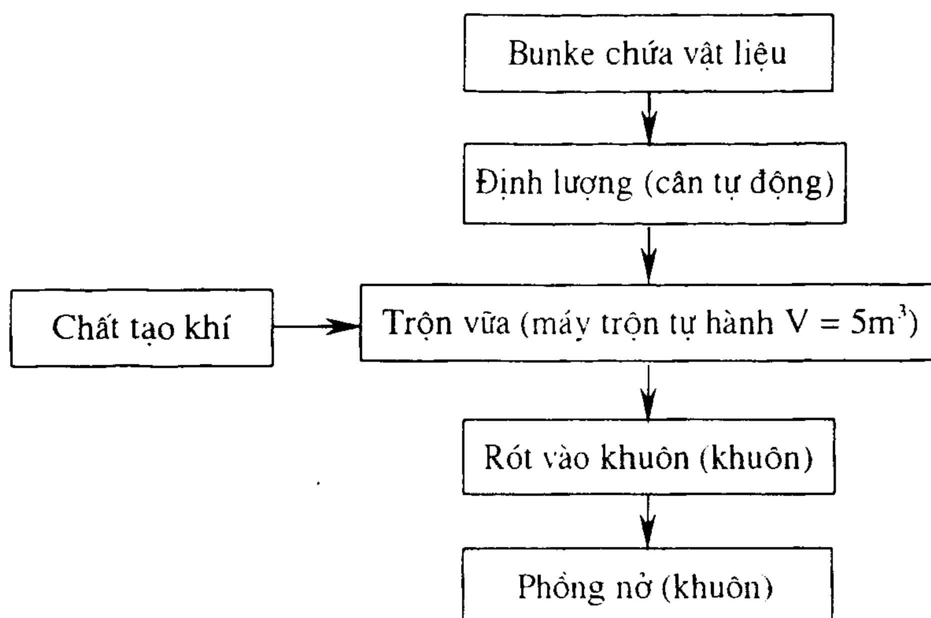
Trong công nghệ sản xuất bê tông khí, việc chế tạo hỗn hợp tạo hình bao gồm định lượng các thành phần phối liệu và nhào trộn chung cho đến khi tạo ra được vữa có độ đồng nhất cao với các tính chất kỹ thuật cần thiết. Việc tạo rỗng cho vữa được tiến hành trong giai đoạn thành hình sản phẩm. Với công nghệ bê tông bọt, cấu trúc rỗng được hình thành ngay sau giai đoạn nhào trộn.

Quá trình chuẩn bị hỗn hợp tạo hình cho bê tông khí bao gồm các công đoạn sau: các thành phần phối liệu được định lượng và nạp vào thùng trộn của máy trộn bê tông khí tự hành trục đứng có dung tích $5m^3$, cánh trộn quay theo tuần tự trước hết là bùn sau đó là nước, chất kết dính và chất tạo khí ở dạng huyền phù. Phụ gia thạch cao, thuỷ tinh lỏng và chất hoạt động bề mặt được đưa vào máy trộn cùng lúc với chất kết dính. Thời gian trộn phối liệu trước khi nạp chất tạo khí kéo dài từ 3 - 5 phút. Sau khi nạp chất tạo khí thời gian trộn kéo dài 1 - 3 phút trong lúc máy trộn di chuyển đến vị trí đổ khuôn. Khi sử dụng công nghệ rung phồng, quá trình nhào trộn hỗn hợp được thực hiện trong máy trộn bê tông khí có rung.

Để chuẩn bị hỗn hợp tạo hình cho bê tông bọt, người ta cho bọt đã chuẩn bị sẵn trong máy đánh bọt vào thùng máy trộn đã nạp sẵn vữa. Thường sử dụng máy trộn ba thùng.

Trong chế tạo bê tông khí cần trang bị thiết bị đun nóng bùn đến nhiệt độ 40 - 50°C sao cho nhiệt độ của hỗn hợp không thấp hơn 35°C.

Chuẩn bị hỗn hợp bê tông khí bao gồm các công đoạn sau:



8.5.3. Thành hình sản phẩm

Việc thành hình sản phẩm bê tông khí và bê tông bọt có nhiều điểm khác biệt. Trong công nghệ bê tông khí, hỗn hợp được rót vào khuôn và tại đây sẽ diễn ra quá trình phồng nở cho đến khi đạt đến khối lượng thể tích mong muốn. Với công nghệ bê tông bọt, hỗn hợp có độ rỗng xác định được rót vào khuôn, sau đó sẽ không diễn ra sự thay đổi độ rỗng của hỗn hợp thành hình.

Thành hình sản phẩm là công đoạn quan trọng trong công nghệ bê tông khí. Trong công đoạn này cần tuân thủ những điều kiện chủ yếu nhằm tạo ra cấu trúc rỗng hợp lý. Động học của quá trình thải khí cần phải được chọn thích ứng với sự thay đổi đặc trưng lưu biến của hỗn hợp tạo hình. Theo công nghệ đúc rót, quá trình phồng nở bê tông khí diễn ra trong khuôn, ở trạng thái tĩnh trong vòng 25 - 50 phút. Nếu sử dụng công nghệ rung phồng, thời gian phồng nở kéo dài 3 - 6 phút trong khuôn rung với tần số 15 - 100Hz và biên độ 0,2 - 0,6mm.

Việc ứng dụng "công nghệ rung phồng" trong chế tạo bê tông khí và silicat khí tạo ra nhiều hiệu quả kỹ thuật quan trọng. Đó là:

- Giảm thời gian phồng nở từ 25 - 50 phút xuống còn 3 - 6 phút, tạo điều kiện điều khiển chế độ phồng nở khi độ nhớt thay đổi.

- Cho phép sử dụng hỗn hợp tạo hình có tỷ lệ N/R nhỏ, giảm tỷ lệ N/R = 0,55 - 0,65 xuống còn 0,35 - 0,40, tạo điều kiện tăng cường độ cấu trúc ban đầu, rút ngắn thời gian tĩnh định, giảm co ngót.

- Cho phép tạo ra sản phẩm có cấu trúc rỗng đồng nhất, kích thước lỗ rỗng nhỏ, đồng đều.

Chế độ rung phồng được lựa chọn tuỳ theo tính chất hỗn hợp. Đối với sản phẩm khối lớn, trong giai đoạn đầu sử dụng f = 10 - 25Hz, A = 1 - 2,5mm, trong giai đoạn phồng nở dùng f = 100 -150Hz, A = 0,15 - 0,2mm.

Khối lượng thể tích của bê tông khí, khi lượng dùng chất tạo khí không đổi, phụ thuộc vào khả năng ngậm khí của hỗn hợp. Khả năng ngậm khí của hỗn hợp thường được quyết định bởi sự biến đổi các đặc trưng cơ lý của hỗn hợp theo thời gian. Nếu sau khi diễn ra quá trình thải khí hỗn hợp không còn khả năng chịu được một ứng suất nhất định thì sẽ xảy ra hiện tượng sụt lún kèm theo sự sủi bọt, tức chất khí thoát ra từ sản phẩm mới tạo hình. Cấu trúc của bê tông tổ ong được hình thành trong điều kiện đó gồm các lỗ rỗng có

hình dạng bất thường và phần lớn là các lỗ rỗng thông nhau, cấu trúc rỗng không đồng nhất. Nếu quá trình đông kết kết thúc trước khi xảy ra quá trình thải khí thì hỗn hợp sẽ đông cứng trước khi kết thúc quá trình thải khí, khối lượng thể tích thiết kế, do vậy, khó có thể đạt được và các vách ngăn sẽ bị chia cắt bởi các vết nứt dẫn đến hậu quả làm giảm các tính chất sử dụng của bê tông tổ ong.

Bước quan trọng trong điều khiển quá trình phồng nở và hình thành cấu trúc của bê tông khí là việc cân đối tốc độ diễn biến của các quá trình này sao cho ở giai đoạn đầu của quá trình thải khí, tính chất nhớt dẻo của hỗn hợp thay đổi từ từ và sau đó thay đổi nhanh.

Để chế tạo bê tông tổ ong có khối lượng thể tích nhỏ có thể làm phồng nở sơ bộ hỗn hợp. Phương pháp này có tên gọi là công nghệ bọt khí. Việc phồng nở sơ bộ được tiến hành bằng cách làm sủi bọt bùn trong giai đoạn nghiền ướt cát với sự có mặt của chất hoạt động bề mặt hay làm sủi bọt khối tạo hỗn hợp tạo hình ở giai đoạn trộn vữa trong thiết bị trộn.

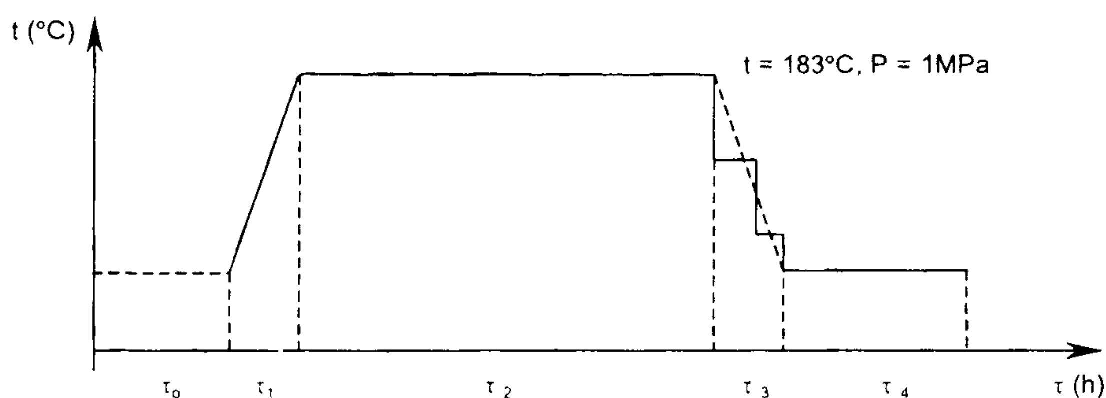
Khuôn được rót một lớp có chiều cao tính toán sao cho sau khi phồng nở khuôn được điền đầy với hệ số dôi dư cần thiết. Chiều cao đổ khuôn của bê tông khí có thể xác định theo công thức:

$$h = 1,2h_o \cdot \frac{\gamma_{hhn}}{\gamma_v} \tag{8-11}$$

Trong đó: h, h_o - lần lượt là chiều cao lớp vữa và chiều cao khuôn, m;

γ_v, γ_{hhn} - khối lượng thể tích vữa ướt và sau khi phồng nở, kg/m^3.

8.5.4. Gia công nhiệt sản phẩm bê tông tổ ong cách nhiệt



Hình 8.1: Ví dụ chế độ gia công nhiệt bê tông tổ ong bằng autôcla

Trong đó:

τ_0 - thời gian thổi hơi nước nóng;

τ_1 - thời gian nâng nhiệt nâng áp đến t = 183°C, P = 1MPa;

τ_2 - thời gian hằng nhiệt,hằng áp;

τ_3 - thời gian làm nguội (giật cấp);

τ_4 - thời gian hút chân không (sấy).

Chu trình gia công nhiệt autôcla được chọn phụ thuộc vào chiều dày sản phẩm khi t = 183°C, P = 1MPa, γ_0 = 200 - 300kg/m^3.

Bảng 8.4. Chế độ gia công nhiệt ẩm trong autôcla

Chiều dày (mm)	τ_1	τ_2	τ_3	τ_4	$\sum\tau$
200	1	5	1	1	8
300	1	5	1	1	8
600	1,5	8	1,5	1	12

Trong trường hợp P = 0,8MPa, τ_2 tăng 1h và P = 1,2MPa, τ_2 giảm 1h.

Quá trình hoá lý xảy ra trong thời gian gia công nhiệt tương đối phức tạp, tuy vậy cũng có thể tóm lược như sau: khi nhiệt độ tăng thì nồng độ CaO tan trong dung dịch giảm và nồng độ SiO_2 hoà tan tăng. Trong giai đoạn đầu, do nồng độ $Ca(OH)_2$ cao và SiO_2 thấp, sẽ hình thành $C_2SH(A)$. Ở nhiệt độ cao hơn, dung dịch có nồng độ SiO_2 cao và CaO thấp, do đó sản phẩm chủ yếu có dạng CSH(B) và tobermorit. Các hiđrat mới tạo thành này tạo điều kiện cho cường độ sản phẩm phát triển nhanh. Ở giai đoạn làm nguội và sấy chân không, $Ca(OH)_2$ kết tủa phần nào làm tăng cường độ của đá ximăng.

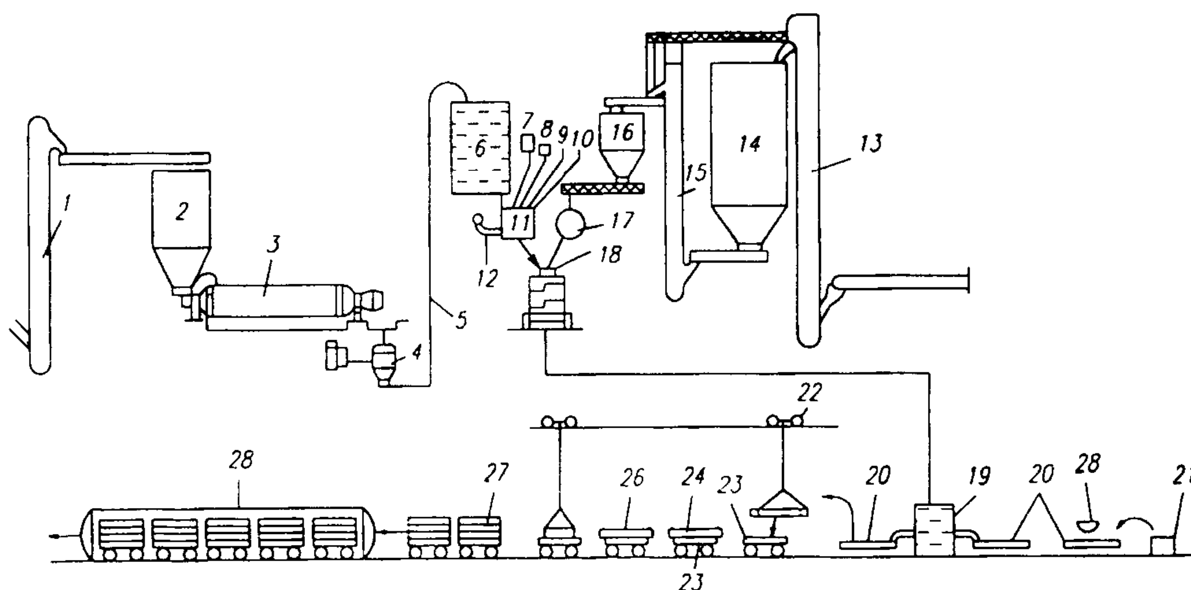
Thời gian hằng nhiệt, hằng áp được xác định bằng thực nghiệm, bảo đảm tính hiệu quả về kinh tế - kỹ thuật.

Sau đây là một số loại sản phẩm hiđrôsilicatcanxi sản phẩm của quá trình chưng hấp autôcla:

- $C_2SH(A)$-($C_2SH_{0,9-1,25}$);

- CSH(B)-($C_4S_5H_n$ - $C_5S_4H_4$);

- Tobermorit-$C_4S_5H_5$; kxonolit-(C_3S_3H) → $CSH_{0,2-0,38}$; hirolit-$C_2S_3H_2$.



Hình 8.2: Sơ đồ công nghệ chế tạo bê tông khí.

1- Gầu nâng; 2- Xilô chứa; 3- Máy nghiền bi; 4- Buồng bơm khí nén; 5- Ống dẫn bùn; 6- Thùng chứa bùn; 7- Cân nước; 8- Máy trộn huyền phù bột nhôm; 9- Ống dẫn khí nén; 10- Ống dẫn hơi; 11- Cân bùn; 12- Dụng cụ đo nhiệt độ; 13- Gầu nâng; 14- Xilô chứa ximăng; 15- Gầu nâng; 16- Bunke chứa ximăng; 17- Cân ximăng; 18, 19- Máy trộn bê tông tự hành; 20- Khuôn; 21- Khung cốt thép; 22- Dầm cầu; 23- Khuôn - vagông; 24- Máy cắt dọc; 26- Máy cắt ngang; 27- Khuôn - vagông có sản phẩm; 28- Autôcla.

- ***Tính toán nhiệt cho quá trình chưng hấp autôcla***

Chi phí hơi nước bão hoà cho 1m^3 sản phẩm có thể được xác định bằng một phương pháp tính nhiệt cụ thể. Dưới đây là một trong các phương pháp tính toán đó.

Ví dụ:

Hãy xác định chi phí hơi nước cho 1m^3 bê tông tổ ong khối lượng thể tích 650kg/m^3 khi biết autôcla đường kính 3,6m, dài 27m và dung tích hữu ích là 275m^3 nặng 132,3 tấn. Diện tích xung quanh của lớp cách nhiệt 304m^2 và diện tích bề mặt của hai nắp không cách nhiệt 20,2m^2. Lớp cách nhiệt cho autôcla dày 0,1m và khối lượng của mỗi m^2 là 20kg. Khối lượng mỗi khuôn thép là 3 tấn. Mỗi autôcla có thể chứa được 3 vagông, mỗi chiếc nặng 2,5 tấn. Hệ số lấp đầy của autôcla là 0,44. Trên mỗi vagông xếp 20 khuôn chứa sản phẩm kích thước 6×2,6×0,5m. Thể tích do sản phẩm chiếm chỗ là 275×0,44 = 120m^3 có khối lượng chất khô 0,65×120 = 78 tấn, trong đó có 12 tấn ximăng pooclăng (100kg cho 1m^3 bê tông tổ ong) phần còn lại là vôi và cát, nước nhào trộn 0,4×78 = 32 tấn (tỷ lệ N/R = 0,4 và hao hụt 10%).

Giải: Chế độ gia công nhiệt được chọn như sau:

STT	Chế độ gia công nhiệt	Thời gian, h
1	Nâng nhiệt đến 100°C	0,5
2	Thổi hơi nước	1,5
3	Nâng áp suất nhờ xả hơi nước từ autôcla khác sang đến áp suất dư 0,3MPa	1
4	Nâng áp suất từ 0,3 đến 1MPa	1
5	Hằng nhiệt ở áp suất 1MPa	8
6	Giảm áp suất từ 1 đến 0,3MPa bằng cách xả hơi nước sang autôcla khác	1
7	Giảm áp suất từ 0,3MPa xuống áp suất không khí	0,5
8	Hút chân không đến 0,067 - 0,088MPa (500 - 600mmHg)	1
9	Dỡ sản phẩm và nạp sản phẩm cho chu trình sau	0,5
10	Thời gian của 1 chu trình	15

Nhiệt độ trước khi bắt đầu chu trình gia công nhiệt của vagông là 22°C; autôcla, 55°C; khuôn, 27°C; bê tông tổ ong, 40°C; môi trường xung quanh, 23°C; hơi nước ở áp suất dư 0,3MPa là 143°C; ở 1MPa là 183,2°C.

Nhiệt độ, °C	Entanpy I'' của hơi nước bão hoà khô, kCal/kg (kJ/kg)	Entanpy I'' của chất lỏng ở trạng thái sôi, kCal/kg (kJ/kg)	Mật độ của hơi nước, kg/m^3
183,2	663,9 (2779,62)	185,6 (742,4)	5,53
143	653,4 (2735,65)	143,6 (601,22)	2,125
100	638,5 (2673,27)	100 (418,68)	0,598

Nhiệt dung riêng, kCal/kg°C (kJ/kg.°C), của thép tấm 0,165 (0,69); của thành phần rắn trong bê tông 0,25 (1,045); của bông khoáng 0,2 (0,795).

Trong quá trình chế tạo và gia công nhiệt sản phẩm đồng thời diễn ra quá trình toả nhiệt do thuỷ hoá ximăng. Nhiệt thuỷ hoá của 1kg ximăng mác 400 sau 28 ngày rắn chắc trong điều kiện chuẩn là 100kCal/kg = 418,68kJ/kg.

Nhiệt thuỷ hoá được tính theo công thức của A. A. Voznexenski như sau:

$$q_{eqn} = \frac{\theta Ma}{162 + 0,96\theta}\sqrt{\frac{N}{X}} \quad ; (kCal / kg)$$

Trong đó:

$$\theta = \tau\,\frac{t_{BĐ} + t_{KT}}{2},\ ^{\circ}C.h;$$

a = 0,32 + 0,002θ, khi θ ≤ 290°C.h.

a = 0,84 + 0,0002θ, khi θ > 290°C.h.

Toàn bộ chu trình gia công nhiệt được phân thành các giai đoạn:

- Giai đoạn 1: nâng nhiệt từ nhiệt độ môi trường đến 100°C kết hợp thổi, trong thời gian 0,5 + 1,5 = 2h.

- Giai đoạn 2a: nâng nhiệt từ 100°C đến nhiệt độ tương ứng với áp suất dư 0,3MPa trong thời gian 1h.

- Giai đoạn 2b: nâng nhiệt độ tương ứng với áp suất 0,3MPa đến nhiệt độ tương ứng áp suất 1MPa.

- Giai đoạn 3: hằng nhiệt tương ứng áp suất 1MPa trong thời gian 8 h.

- Giai đoạn 4a: hạ nhiệt đến nhiệt độ tương ứng với áp suất 0,3MPa trong thời gian 1h.

- Giai đoạn 4b: hạ nhiệt đến nhiệt độ tương ứng áp suất không khí trong thời gian 0,5h.

- Giai đoạn 4c: hút chân không đến 0,067 - 0,088MPa trong thời gian 1h.

Sau đây ta tính toán cụ thể từng giai đoạn.

+ Tính toán cho giai đoạn 1:

$$\theta = 2\cdot\frac{40 + 100}{2} = 140^{\circ}C.h$$

Với M = 500; a = 0,32 + 0,002.140 = 0,6; suy ra:

$$q_{cqu} = \frac{140.500.0,6}{162 + 0,96140}\cdot\sqrt{0,4} = \frac{42000}{296,4}\cdot 0,632$$

$$= 89,55kJ/kg = \frac{89,55}{4,1868} = 21,39kCal/kg$$

Tổng lượng nhiệt do ximăng thuỷ hoá toả ra trong giai đoạn 1:

$$Q_{cqu} = 21,39.12000 = 256680kCal \text{ hay } 1074668kJ$$

+ Tính toán cho giai đoạn 2a:

$$\theta = 1 \cdot \frac{143 + 100}{2} = 121{,}5°C.h$$

Với M = 500; a = 0,32 + 0,002.121,5 = 0,563; suy ra:

$$q_{cqu} = \frac{121{,}5.500.0{,}563}{162 + 0{,}96.121{,}5} \cdot 0{,}632 = \frac{21615{,}822}{278{,}64}$$

$$= 77{,}576kJ/kg = \frac{77{,}576}{4{,}1868} = 18{,}53kCal/kg$$

Q_{cqu} = 18,53.12000 = 222360kCal hay 930976,8kJ

+ Tính toán cho giai đoạn 2b:

$$\theta = 1 \cdot \frac{183{,}2 + 143}{2} = 163{,}1°C.h$$

Với M = 500; a = 0,32 + 0,002.163,1 = 0,6462; suy ra:

$$q_{cqu} = \frac{163{,}1.500.0{,}6462}{162 + 0{,}96.163{,}1} \cdot 0{,}632 = \frac{52697{,}61}{318{,}576} \cdot 0{,}632$$

$$= 104{,}543kJ/kg = \frac{104{,}543}{4{,}1868} = 24{,}969kCal/kg$$

Q_{cqu} = 24,969.12000 = 296,352. 103 kCal hay 1240,766.103kJ

+ Tính toán cho giai đoạn 3:

$$\theta = 8.183{,}2 = 1464{,}6°C.h$$

Với M = 500; a = 0,84 + 0,0002.1465,6 = 1,1331; suy ra:

$$q_{cqu} = \frac{1465{,}6.500.1{,}1331}{162 + 0{,}96.1465{,}6} \cdot 0{,}632 = \frac{52697{,}61}{1568{,}98}$$

$$= 334{,}465kJ/kg = \frac{334{,}465}{4{,}1868} = 79{,}9kCal/kg$$

Thuỷ hoá ximăng diễn ra trước khi bắt đầu gia công nhiệt autôcla, khi nhiệt độ của bê tông tổ ong trong khuôn là 40°C trong thời gian 2 giờ, do đó:

$$\theta = 2.40 = 80°C.h$$

$$a = 0{,}32 + 0{,}002.80 = 0{,}48$$

$$q_{cqu} = \frac{80.500.0,48}{162 + 0,96.80} \cdot 0,632 = \frac{19200}{238,8} \cdot 0,632$$

$$= 50,82 kJ/kg = \frac{50,82}{4,1868} = 12,14 kCal/kg$$

Như vậy, nhiệt toả ra do thuỷ hoá ximăng như sau:

Giai đoạn gia công	Lượng nhiệt toả ra,	kJ/kg	(kCal/kg)
Tĩnh định		50,9	(12,14)
1		89,55	(21,39)
2a		77,486	(18,51)
2b		104,543	(24,969)
3	(100 - 12,4 - 21,39 - 18,51 - 24,97) = 96,2		(22,99)

Theo đó có thể thấy nhiệt toả ra do thuỷ hoá ximăng chỉ diễn ra trong thời gian đầu của giai đoạn 3 tức:

$$\frac{22,99}{79,885} \cdot 8 = 2,3h$$

$$Q_{cqu} = 22,9.12000 - 275,8.10^3 kCal \text{ hay } 1155,054.10^3 kJ$$

Như vậy, tổng lượng nhiệt toả ra do thuỷ hoá ximăng:

Chế độ gia công	Lượng nhiệt do thuỷ hoá
- Trong giai đoạn 1	$1074,668.10^3$kJ ($256,68.10^3$kCal)
- Trong giai đoạn 2a	$929,972.10^3$kJ ($222,12.10^3$kCal)
- Trong giai đoạn 2b	$1074,668.10^3$kJ ($256,68.10^3$kCal)
- Trong giai đoạn 3	$1155,054.10^3$kJ ($275,88.10^3$kCal)
Tổng cộng	$4400,46.10^3$kJ ($1051,032.10^3$kCal)

- *Tính toán cân bằng nhiệt*

+ Giai đoạn 1: nhiệt cấp cho quá trình đốt nóng đến nhiệt độ 100°C trong 0,5 giờ và thổi trong 1,5 giờ:

- Kết cấu của autôcla:

$$132300.0,115(100 - 55) = 684,65.10^3 kCal \text{ hay } 2866,5.10^3 kJ$$

- Khuôn: $20.300.0,115(100 - 27) = 503,7.10^3$kCal hay $2108,89.10^3$kJ

- Vagông: 4.2500.0,115(100 - 20) = 92.10^3kCal hay 386,186.10^3kJ

- Thành phần rắn của hỗn hợp:

78000.0,25(100 - 40) = 1165.10^3kCal hay 4877,62.10^3kJ

- Nước: 3200.1(100 - 40) = 1920.10^3kCal hay 7680.10^3kJ

- Entanpy của hỗn hợp không khí và hơi nước chứa trong khoảng trống của autôcla bằng (275 - 120) = 155m^3 là:

155.638,5.0,598 = 59,182.10^3kCal hay 247.78.10^3kJ

- Nhiệt làm nóng lớp cách nhiệt của autôcla (khối lượng thể tích của bông khoáng γ_o = 200kg/m^3, dày 0,1m có tổng khối lượng (304.0,1.200 = 6080kg):

$$6080.0,2\left(\frac{23+100}{2}-23\right) = 46,268.10^3\,\text{kCal hay } 193,72.10^3\,\text{kJ}$$

- Nhiệt tổn thất qua thành autôcla và qua lớp cách nhiệt:

2.304.0,5638(100 - 23) = 46,395.10^3kCal hay 110,510.10^3kJ

Trong đó hệ số truyền nhiệt được xác định như sau:

$$K_1 = \frac{1}{\frac{\delta_1}{\lambda_1}+\frac{\delta_2}{\lambda_2}+\frac{1}{\alpha}} = \frac{1}{\frac{0,032}{40}+\frac{0,1}{0,06}+\frac{1}{9,41}}$$

$$= \frac{1}{0,008+1,66666+0,10632} = 0,5638\text{kCal}/(\text{m.°C.h})$$

hay K_1 = 0,665W/(m.°C).

Trong đó:

δ_1 và δ_2 - chiều dày của thành autôcla và của lớp bông khoáng;

λ_1 và λ_2 - hệ số dẫn nhiệt của thép và của bông khoáng;

α - hệ số trao nhiệt của mặt ngoài autôcla có cách nhiệt với môi trường xung quanh, được tính theo công thức:

$$\alpha = A\sqrt[4]{t_{mn}-t_{kk}} + \frac{c_x}{t_{mn}-t_{kk}}\left[\left(\frac{t_{mn}+273}{100}\right)^4-\left(\frac{t_{kk}+273}{100}\right)^4\right]$$

$$= 2,2\sqrt[4]{45-23} + \frac{4}{45-23}\left[\left(\frac{45+273}{100}\right)^4-\left(\frac{23+273}{100}\right)^4\right]$$

Thay số ta được: α = 9,41kCal/(m^2.h.°C) hay 10,95W/(m.°C)

- Nhiệt tổn thất qua nắp autôcla không có lớp cách nhiệt:

2.20,2.12,69.(100 - 23) = 39,476.10^{3}kCal hay 165,278.10^{3}kJ

Trong đó hệ số truyền nhiệt được xác định như sau:

$$K_1 = \frac{1}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{0{,}032}{40} + \frac{1}{12{,}51}}$$

$$= 12{,}69\text{kCal}/(\text{m.°C.h}) \text{ hay } 14{,}758\text{W}/(\text{m.°C})$$

$$\alpha = A\sqrt[4]{t_{mn} - t_{kk}} + \frac{c_\lambda}{t_{mn} - t_{kk}}\left[\left(\frac{t_{mn} + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{t_{kk} + 273}{100}\right)^4\right]$$

$$= 2{,}2\sqrt[4]{100 - 23} + \frac{4}{100 - 23}\left[\left(\frac{100 + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{23 + 273}{100}\right)^4\right]$$

$$= 12{,}51\text{kCal}/(\text{m}^2.\text{h.°C}) \text{ hay } 14{,}6\text{W}/(\text{m.°C})$$

Nhiệt tổn thất do hỗn hợp không khí và hơi nước mang ra ngoài trong quá trình thổi autôcla, tính bằng 5kg hơi nước áp suất 1MPa cho 1m^3 sản phẩm, tức bằng:

5.663,9.108 = 356,01.10^{3}kCal hay 1490,5.10^{3}kJ

- Nhiệt tổn thất không tính toán được lấy bằng 10% tổng tổn thất nhiệt trừ tổn thất nhiệt trong quá trình thổi:

0,1.(684,65 + 503,7 + 92 + 1165 + 1920 + 59,182 + 46,268 + 356,01 + 26,395 + 39,476) - 356,01 = 489,268 - 356,01 = = 133,26.10^{3}kCal hay 557,932.10^{3}kJ

- Entanpy của nước ngưng:

[100 : (638,5 - 100)].(684,65 + 503,7 + 92 + 1165 + 1920 + 59,182 + 46,268 + 356,01 + 26,395 + 39,476 + 133,26 - 256,68) = 885,66.10^{3}kCal hay 3708,081.10^{3}kJ

Tổng lượng nhiệt tiêu tốn cho giai đoạn 1:

684,65 + 503,7 + 92 + 1165 + 1920 + 59,182 + 46,268 + + 356,01 + 26,395 + 39,476 + 133,26 + 885,66 = = 5911,60.10^{3}kCal hay 24750,687.10^{3}kJ

Tổng lượng nhiệt tiêu tốn có kể đến nhiệt thuỷ hoá ximăng:

$5911,60 - 256,68 = 5654,92.10^3$kCal hay $23676,687.10^3$kJ

Tổng chi phí hơi nước trong giai đoạn 1:

$$\frac{5654,92}{663,9}\cdot 10^3 \text{ hay } \frac{23676,091}{2779,75}\cdot 10^3 = 8517,729\text{kg}$$

+ Giai đoạn 2a: chi phí nhiệt của hơi nước có áp suất 0,3MPa. trong giờ đầu của quá trình đốt nóng:

- Kết cấu của autôcla:

$132300.0,115.(143 - 100) = 654,23.10^3$kCal hay $2739,13.10^3$kJ

- Khuôn:

$20.3000.0,115.(143 - 100) = 296,7.10^3$kCal hay $1242,22.10^3$kJ

- Vagông:

$4.2500.0,115.(143 - 100) = 49,12.10^3$kCal hay $205,65.10^3$kJ

- Thành phần rắn của hỗn hợp bê tông:

$78000.0,25.(143 - 100) = 838,5.10^3$kCal hay $3510,63.10^3$kJ

- Nước:

$32000.1.(143 - 100) = 1376.10^3$kCal hay $5761,04.10^3$kJ

- Hỗn hợp không khí và hơi nước lấp đầy khoảng trống trong autôcla:

$(155.653,4.2,125) - 59,18.10^3 = 215,214.10^3 - 59,18.10^3 =$

$= 156,03.10^3$kCal hay $653,26.10^3$kJ

- Nhiệt tích luỹ trong lớp cách nhiệt của autôcla:

$$6080.0,2\left(\frac{143 + 100}{2} - 100\right) = 26,14.10^3\text{kCal hay } 109,443.103\text{kJ}$$

- Nhiệt tổn thất qua vỏ autôcla và lớp cách nhiệt:

$1.304.0,5638(143 - 23) = 20,567.10^3$kCal hay $86,11.10^3$kJ

Trong đó:

$\alpha = 9,14$kCal/(m.°C.h) hay 10,95W/(m.°C);

$k_1 = 0,5638$kCal/(m.°C.h) hay 0,6557W/(m.°C).

- Nhiệt tổn thất qua nắp autôcla không có lớp cách nhiệt:

1.20,2.12,69.(143 - 23) = 30,76.10^{3}kCal hay 128,786.10^{3}kJ

Trong đó:

α = 14,706kCal/(m.°C.h) hay 17,103W/(m.°C);

k_2 = 12,69kCal/(m.°C.h) hay 14,758W/(m.°C).

- Nhiệt tổn thất không tính toán được lấy bằng 10% tổng tổn thất nhiệt:

654,23 + 296,7 + 49,12 + 838,5 + 1376 + 156,03 + 26,14 + 20,567 + 30,76 = 3448,05.10^{3}kCal hay 14436,296.10^{3}kJ

- Entanpy của nước ngưng:

$$\frac{143,6}{653,4 - 143,6} \cdot 10^3(654,23 + 296,7 + 49,12 + 838,5 + 1376 +$$

$$+ 156,03 + 26,14 + 20,567 + 30,76 + 344,805 - 222,12) =$$

= 1005,8.10^{3}kCal hay 4211,083.10^{3}kJ

Tổng lượng nhiệt chi phí cho giai đoạn 2a:

654,23 + 296,7 + 49,12 + 838,5 + 1376 + 156,03 + 26,14 + 20,567 + 30,76 + 344,805 + 1005,8 = 4798,655.10^{3}kCal hay 20090,988.10^{3}kJ

Tổng lượng nhiệt tiêu tốn có kể đến nhiệt thuỷ hoá ximăng:

4798,655.10^3 - 222,12.10^3 = 4576,535.10^{3}kCal hay 19161,037.10^{3}kJ

Tổng chi phí hơi nước trong giai đoạn 2a (không kể đến lượng hơi nước chuyển qua từ autôcla bên cạnh:

$$\frac{4576,535}{665,5} \cdot 10^3 \text{ hay } \frac{19161,037}{2785,45} \cdot 10^3 = 6876,85\text{kg}$$

+ Giai đoạn 2b: chi phí nhiệt của hơi nước có áp suất 0,3MPa đến 1MPa trong 1 giờ đốt nóng:

- Kết cấu của autôcla:

132300.0,115.(183,2 - 143) = 611,62.10^{3}kCal hay 2560,73.10^{3}kJ

- Khuôn:

20.3000.0,115.(183,2 - 143) = 277,38.10^{3}kCal hay 1161,33.10^{3}kJ

- Vagông:

$4.2500.0,115.(183,2 - 143) = 46,23.10^3$kCal hay $193.56.10^3$kJ

- Thành phần rắn của hỗn hợp bê tông:

$78000.0,25.(183,2 - 143) = 783,9.10^3$kCal hay $3282,03.10^3$kJ

- Nước:

$32000.1.(183,2 - 143) = 1286,4.10^3$kCal hay $5385,90.10^3$kJ

- Hỗn hợp không khí và hơi nước lấp đầy khoảng trống trong autôcla:

$155.(663,9.5,53 - 653,4.2,125).10^3 = 353,85.10^3$kCal hay $1481,50.10^3$kJ

- Nhiệt tích luỹ trong lớp cách nhiệt của autôcla:

$$6080.0,2\left(\frac{183,2 + 143}{2} - 1143\right) = 24,44.10^3 \text{kCal hay} 102,32.10^3 \text{kJ}$$

- Nhiệt tổn thất qua vỏ autôcla và lớp cách nhiệt:

$1.304.0,5638.(183,2 - 23) = 27,457.10^3$kCal hay $114,957.10^3$kJ

Trong đó:

$\alpha = 9,14$kCal/(m.°C.h) hay 10,95W/(m.°C);

$k_1 = 0,5638$kCal/(m.°C.h) hay 0,6557W/(m.°C).

- Nhiệt tổn thất qua nắp autôcla không có lớp cách nhiệt:

$1.20,2.16,24.(183,2 - 23) = 52,56.10^3$kCal hay $220,06.10^3$kJ

Trong đó:

$\alpha = 16,45$kCal/(m.°C.h) hay 19,129W/(m.°C);

$k_2 = 16,24$kCal/(m.°C.h) hay 18,89W/(m.°C).

- Nhiệt tổn thất không tính toán được lấy bằng 10% tổng tổn thất nhiệt:

$(611,62 + 277,38 + 46,23 + 783,9 + 1286,4 + 353,85 + 24,44 + 27,457 + 52,56).10^3 = 3463,84.10^3$kCal hay $14502,4.10^3$kJ

- Entanpy của nước ngưng:

$$\frac{185,6}{663,9 - 185,6} \cdot 10^3(611,62 + 277,38 + 46,23 + 783,9 + 1286,4 +$$
$$+ 353,85 + 24,44 + 27,457 + 52,56 + 346,384 - 296,352) =$$
$$= 1363,5.10^3 \text{kCal hay} 5708,702.10^3 \text{kJ}$$

Tổng lượng nhiệt chi phí cho giai đoạn 2b:

(611,62 + 277,38 + 46,23 + 783,9 + 1286,4 + 353,85 + 24,44 + 27,457 + 52,56 + 346,38 + 1363,5) = 5173,72.10^3kCal hay 20797,38.10^3kJ

Tổng lượng nhiệt tiêu tốn có kể đến nhiệt thuỷ hoá ximăng:

5173.72.10^3 - 296,35.10^3 = 4877,37.10^3kCal hay 20797,38.10^3kJ

Tổng chi phí hơi nước trong giai đoạn 2b (không kể đến lượng hơi nước chuyển qua từ autôcla bên cạnh:

$$\frac{4877,37}{663,9} \cdot 10^3 \text{ hay } \frac{20797,78}{2779,75} \cdot 10^3 = 7346,54\text{kg}$$

+ Giai đoạn 3: chi phí nhiệt để đốt nóng trong giai đoạn hằng nhiệt trong thời gian 8 giờ.

- Tổn thất nhiệt qua thành autôcla có lớp cách nhiệt:

8.304.0,5638.(183,2 - 23) = 219,66.10^3kCal hay 919,672.10^3kJ

- Tổn thất nhiệt qua thành autôcla không có lớp cách nhiệt:

8.20,2.16,24(183,2 - 23) = 420,426.10^3kCal hay 1760,24.10^3kJ

- Entanpy của nước ngưng:

$$\frac{185,6}{663,9 - 185,6} \cdot 10^3(219,660 + 420,426 - 275,88) =$$

= 141,326.10^3 kCal hay 591,704.10^3 kJ

Tổng lượng nhiệt chi cho giai đoạn 3:

(219,66 + 420,426 + 141,326).10^3 = 781,412.10^3kCal hay 3271,616.10^3kJ

Lượng nhiệt tiêu tốn cho giai đoạn 3, kể đến nhiệt thuỷ hoá của ximăng:

(781,412 - 275,88).10^3 = 505,532.10^3kCal hay 2116,561.10^3kJ

Tổng chi phí hơi nước cho giai đoạn 3:

$$\frac{505,532}{663,9} \cdot 10^3 = \frac{2116,561}{2779,75} \cdot 10^3 = 761,458\text{kg}$$

+ Giai đoạn 4a: nhiệt mang vào do giảm áp suất từ 1MPa xuống 0,3MPa trong vòng 1 giờ:

- Kết cấu của autôcla:

$$132300.0,115.(143 - 183,2) = -611.62.10^3 kCal \text{ hay } -2560.73.10^3 kJ$$

- Khuôn:

$$20.3000.0.115.(143 - 183,2) = -277,38.10^3 kCal \text{ hay } -1161.33.10^3 kJ$$

- Vagông:

$$4.2500.0,115.(143 - 183,2) = -46,23.10^3 kCal \text{ hay } -193.56.10^3 kJ$$

- Bê tông khí:

$$(78000.0.25 + 32000.1)(143 - 183,2) = -2070,3.10^3 kCal \text{ hay } -8667,93.10^3 kJ$$

- Hỗn hợp không khí và hơi nước lấp đầy khoảng trống trong autôcla:

$$155.(653,4.2,125 - 663,9.5,53).10^3 = -353,85.10^3 kCal \text{ hay } -1481,50.10^3 kJ$$

- Nhiệt tích luỹ trong lớp cách nhiệt của autôcla:

$$6080.0,2\left(143 - \frac{183,2 + 143}{2}\right) = -24,44.10^3 kCal \text{ hay } -102,32.10^3 kJ$$

- Nước ngưng:

$$\left(\frac{1005,8}{143,6} + \frac{1363,72}{185,6} + \frac{141,326}{185,6}\right) \cdot 10^3 = 15113 kg$$

Đây là lượng nước ngưng tạo ra trong giai đoạn 2a, 2b và 3. Riêng nước ngưng tạo ra trong giai đoạn 1 được xả trong quá trình thổi autôcla, do đó không được tính.

- Nhiệt tổn thất qua vỏ autôcla kể cả phần có lớp cách nhiệt và không có lớp cách nhiệt được tính tương tự như giai đoạn 3:

$$\frac{(219,66 + 420,426)}{8} \cdot 10^3 = -80,018.10^3 kCal \text{ hay } -335,019.10^3 kJ$$

Tổng lượng nhiệt được giải phóng:

$$(611,62 + 277,38 + 46,23 + 2070,3 + 353,85 + 24,44 + 80,02).10^3 =$$
$$= 3463,84 .10^3 kCal \text{ hay } 14500 kJ$$

+ Giai đoạn 4b: nhiệt mang vào do giảm áp suất từ 0,3MPa xuống 0MPa trong quá trình làm nguội trong thời gian 0,5 giờ

- Kết cấu của autôcla:

$$132300.0,115.(100 - 143) = -654,23.10^3 kCal \text{ hay } -2739,13.10^3 kJ$$

- Khuôn:

$20.3000.0,115.(100 - 143) = -296,7.10^3$kCal hay $-1242,22.10^3$kJ

- Vagông:

$4.2500.0,115.(100 - 143) = -49,12.10^3$kCal hay $-205,65.10^3$kJ

- Bê tông khí:

$(78000.0,25 + 32000.1)(100 - 143) = -2214,5.10^3$kCal

hay $-9271,67.10^3$kJ

- Hỗn hợp không khí và hơi nước lấp đầy khoảng trống trong autôcla:

$155.(638,5.0,598 - 653,4.2,125).10^3 = -156,03.10^3$kCal

hay $-653,26.10^3$kJ

- Nhiệt tích luỹ trong lớp cách nhiệt của autôcla:

$$6080.0,2\left(100 - \frac{143 + 100}{2}\right) = -26,14.10^3\text{kCal hay} - 109,443.10^3\text{kJ}$$

- Nước ngưng:

$15113.(100 - 143) = -649,85.10^3$kCal hay $-2720,792.10^3$kJ

Nhiệt tổn thất qua bề mặt có lớp cách nhiệt:

$$0,5.304.0,5638.(\frac{143 + 100}{2} - 23) = 8,441.10^3\text{kCal hay } 35,341.10^3\text{kJ}$$

- Nhiệt tổn thất qua nắp autôcla không có lớp cách nhiệt:

Tổng lượng nhiệt giải phóng là $-4021,97.10^3$kCal hay $16839,184.10^3$kJ

$$1.20,2.16,24\left(\frac{143+100}{2} - 23\right) = 16,156.10^3\text{kCal hay } 67.10^3\text{kJ}$$

Nhiệt tổn thất qua các đường ống dẫn tính bằng 5%: $-201,099.10^3$kCal hay $842,012.10^3$kJ.

Lượng nhiệt này có thể chuyển sang nồi hơi dưới dạng hơi nước:

$$\frac{4021,97 - 201,099}{663,9} \cdot 10^3 = \frac{16839,184 - 842,012}{2779,75} \cdot 10^3 \approx 5754\text{kg}$$

hay $5754 : 120 \approx 48\text{kg/m}^3$

Chi phí nhiệt và hơi nước được nêu trong bảng 8.4.

Bảng 8.4. Chi phí nhiệt và hơi nước cho quá trình chưng hấp autócla

Giai đoạn	Chi phí			Thời gian của từng giai đoạn, h	Chi phí hơi nước, kg/h
	Nhiệt		Hơi nước, kg		
	$.10^3$kCal	$.10^3$kJ			
1	5654,92	23676,019	8517,729	2	4258,855
2a	4576,535 - 3463,84 = 1112,695	4658,631	1675,542	1	1676,0
2b	4877,37	20797,380	7346,54	1	7346,54
3	505,532	2116,561	761,458	8	95,183
Tổng	12150,517	51248,591	18301,269	12	-

Chi phí hơi nước cho 1m^3 sản phẩm: 18301,269 : 120 = 152,51kg

Chương IX

CÁC SẢN PHẨM CHỨA AMIĂNG

Amiăng là một loại vật liệu khoáng cấu trúc sợi có nhiều đặc điểm quý giá. Trong thực tế amiăng được sử dụng rất rộng rãi, nhất là trong lĩnh vực sản xuất vật liệu xây dựng. Sản phẩm chứa amiăng phổ biến nhất có thể kể đến tấm sóng amiăng - ximăng hay còn gọi là tấm fibrô - ximăng, các sản phẩm cách nhiệt chứa amiăng cũng được sử dụng phổ biến trong xây dựng công nghiệp và dân dụng.

Hiện nay do nảy sinh nhiều ý kiến cho rằng amiăng có khả năng gây ung thư phổi nên ở nhiều quốc gia, nhất là châu Âu và Hoa Kỳ, đã đưa ra tiêu chuẩn khống chế nồng độ sợi amiăng trong không khí. Riêng ở Việt Nam, nhà nước đã có quyết định cấm nhập khẩu amiăng amphibon và ngừng xây dựng mới các cơ sở sản suất tấm sóng amiăng - ximăng. Việc thu hẹp cũng như dần loại bỏ sản xuất và sử dụng các sản phẩm chứa amiăng đòi hỏi các nhà khoa học phải tìm kiếm các vật liệu thay thế sợi amiăng. Hướng nghiên cứu phát triển và ứng dụng các sản phẩm tấm mỏng cốt sợi không phải amiăng và các sản phẩm cách nhiệt từ các loại sợi này đang được đặc biệt quan tâm.

9.1. VẬT LIỆU KHOÁNG AMIĂNG - CÁC ĐẶC ĐIỂM CỦA AMIĂNG

Amiăng là chất khoáng thuộc nhóm secpentin hoặc amphibon có cấu trúc sợi, có khả năng tách thành các sợi rất mảnh. Theo thành phần hoá học thì amiăng là các silicat magiê, silicat sắt, silicat canxi và silicat natri ngậm nước. Khối lượng nước có trong amiăng secpentin là 13 - 14,5%, trong amiăng amphibon là 1,5 - 3%. Amiăng được phân thành các loại sau:

- Amiăng secpentin (crizotin).
- Amiăng amphibon.
- Amiăng crocidolite.
- Amiăng amosite.
- Amiăng anthophylite.
- Amiăng tremolite.

Công thức hoá học của amiăng crizotin là: $3MgO.2SiO_2.2H_2O$. Theo tỷ lệ phần trăm thì: MgO = 43,5%, SiO_2 = 43,5%, H_2O = 13%.

Amiăng crizotin có cường độ cơ học cao khi kéo dọc trục. Cường độ sợi amiăng chưa bị biến dạng dao động trong khoảng 22.10^3 - $36,5.10^3$Mpa. Khi đã bị biến dạng thì cường độ kéo của sợi amiăng giảm rất nhiều lần.

Để hình dung được cường độ cơ học của sợi amiăng có thể sử dụng bảng số liệu so sánh sau đây:

Bảng 9.1. Cường độ cơ học của sợi amiăng với một số sợi khác

Loại sợi	Amiăng Crizotin	Sợi thuỷ tinh	Sợi bông	Sợi len	Sợi nilông	Sợi thép	Sợi đồng
Cường độ kéo ($.10^3$) MPa	30	13	3,6	2	6	11	4

Khi nung nóng đến 370°C, sợi amiăng crizotin bị mất nước hấp phụ kéo theo sự giảm cường độ. Sau khi làm nguội sợi amiăng crizotin có khả năng tái hấp phụ nước và phục hồi cường độ. Tuy nhiên khi nung đến nhiệt độ trên 370°C thì sợi amiăng crizotin mất nước hoá học và cấu trúc mạng tinh thể bị phá hoại. Quá trình mất nước xảy ra mạnh mẽ nhất ở nhiệt độ 600 - 700°C. Do đó nhiệt độ sử dụng tới hạn của các sản phẩm chứa amiăng là 600°C. Amiăng nóng chảy ở nhiệt độ 1500°C.

Amiăng crizotin được phân loại theo độ dài của sợi như sau:

Bảng 9.2. Phân loại sợi amiăng theo chiều dài sợi

Loại	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Chiều dài trung bình, mm	16	12	9	5,5	2,5	1	0,7	< 0,7

Sợi từ loại I đến loại III được dùng làm sợi dệt vải amiăng. Sợi từ loại IV trở lên được dùng cho mục đích chế tạo các sản phẩm dùng trong xây dựng.

9.2. CÁC SẢN PHẨM CÁCH NHIỆT CHỨA AMIĂNG DÙNG TRONG XÂY DỰNG

Trong các sản phẩm này các sợi amiăng mảnh được liên kết với nhau bằng chất kết dính. Người ta thường sử dụng các chất kết dính vô cơ như ximăng, thạch cao, vôi - silic, chất kết dính manhêzi, thuỷ tinh lỏng, đất sét dẻo, v.v...

Công nghệ thành hình sản phẩm khá đa dạng. Để chế tạo tấm sóng amiăng - ximăng dùng làm tấm lợp, thường sử dụng công nghệ Hatschek tức là phương pháp tạo hình trên lưới tròn. Các sản phẩm cách nhiệt thường được tạo hình theo phương pháp đúc rót hay ép lọc. Dưới đây là một số loại sản phẩm cách nhiệt và sản phẩm dạng tấm thông dụng trong xây dựng:

- Sản phẩm amiăng - vôi - silic, dùng chất kết dính vôi - silic.
- Sản phẩm amiăng - ximăng, dùng chất kết dính ximăng.
- Sản phẩm amiăng - thạch cao, dùng chất kết dính thạch cao.
- Sản phẩm amiăng - manhêzi, dùng chất kết dính manhêzi.

9.2.1. Công nghệ vật liệu amiăng - vôi - silic

Sản phẩm cách nhiệt amiăng - vôi - silic được chế tạo theo công nghệ đúc rót được thành hình từ khối thuỷ có tỷ lệ các ôxít chính như sau:

$$\frac{(CaO + MgO)_a}{SiO_2 + AlO_3} = 0,65 - 0,8$$

Hàm lượng sợi amiăng chiếm 20 - 25% theo khối lượng. Độ ẩm tạo hình từ 80 - 82%. Thành phần chứa silic là các loại đất đá nghiền mịn chứa một lượng lớn SiO_2 hoạt tính như trepel, điatômit, quăczit hay cát thạch anh.

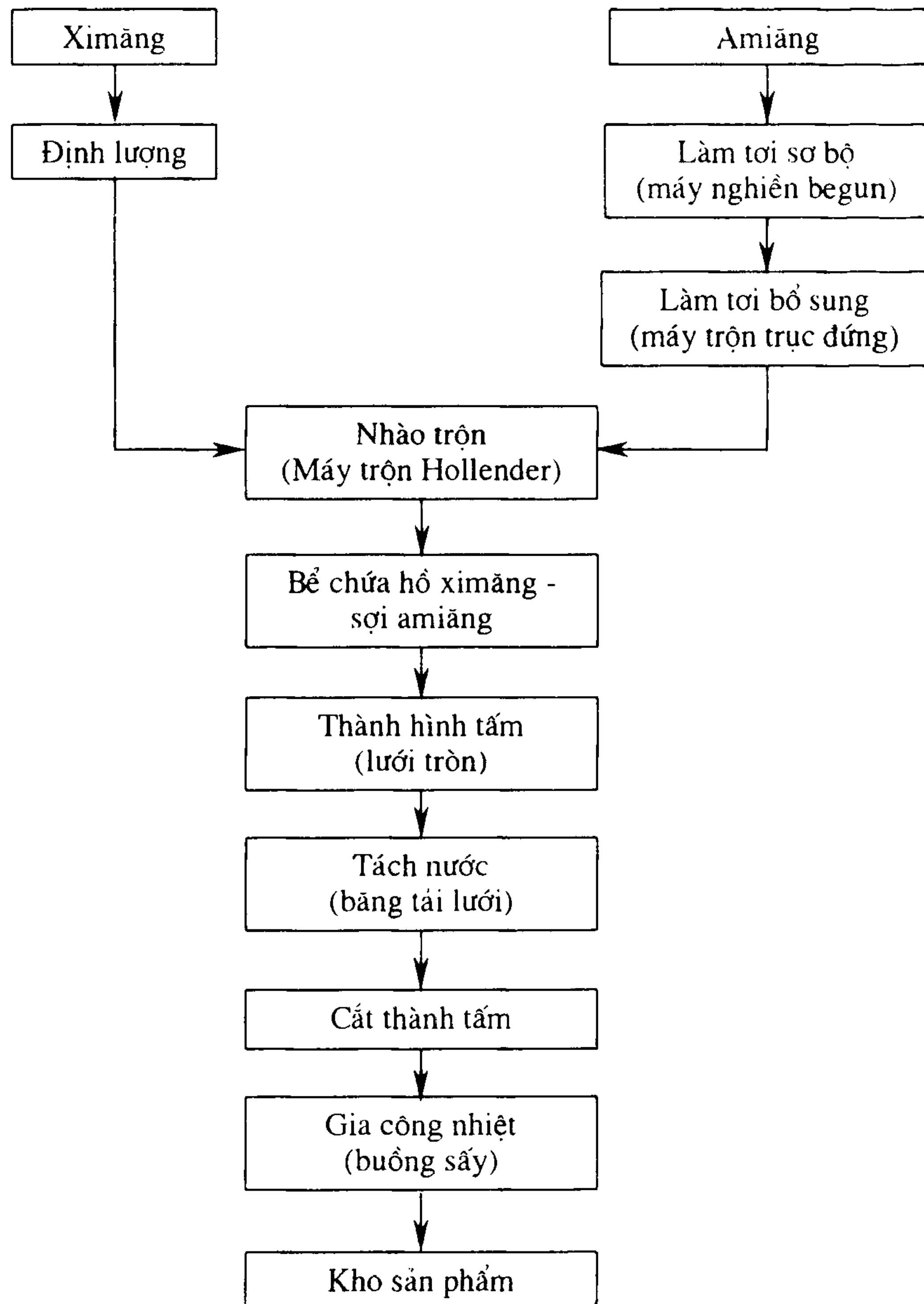
Tuỳ thuộc vào phương pháp nghiền khô hay nghiền ướt thành phần chứa silic mà chọn phương pháp chế tạo bùn phù hợp. Nếu thành phần chứa silic ở dạng bột thì có thể trộn trực tiếp với sữa vôi trong máy trộn để tạo bùn. Nếu thành phần chứa silic được nghiền theo phương pháp nghiền ướt, vôi dạng bột được trộn với bùn để chế tạo hỗn hợp thành hình. Quá trình nhào trộn và nghiền được thực hiện trong các máy trộn rung. Sợi amiăng được làm tơi trong các máy trộn begun với một lượng nước lớn, tỷ lệ N/R = 12. Sau đó sợi amiăng tiếp tục được làm tơi bổ sung trong máy trộn trục đứng trong thời gian 15 - 20 phút hoặc được bơm đảo nhiều lần bằng máy bơm ly tâm. Bùn khoáng và huyền phù sợi amiăng được phối hợp theo tỷ lệ đã định và được trộn trong vòng 15 - 30 phút. Sau đó hỗn hợp tạo hình được rót vào khuôn kim loại đặt trên dây chuyền tổ hợp và được đưa vào gia công nhiệt trong autôcla.

Mặt khác, tuỳ theo hàm lượng sợi amiăng có trong hỗn hợp tạo hình và phương pháp tạo hình mà sản phẩm chứa amiăng có độ rỗng (khối lượng thể tích) khác nhau. Sản phẩm chứa amiăng dùng cho mục đích cách nhiệt

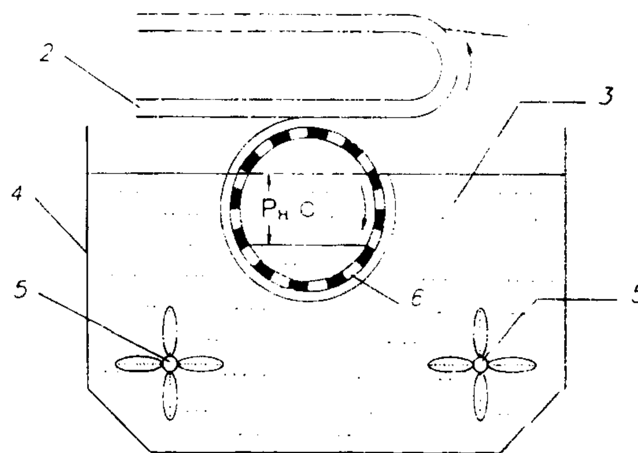
thường có khối lượng thể tích nhỏ hơn 700kg/m^3. Riêng tấm sóng amiăng - ximăng có độ đặc cao hơn thường dùng cho mục đích ngăn nước.

9.2.2. Công nghệ tấm amiăng - ximăng

Dưới đây là sơ đồ nguyên lý công nghệ chế tạo sản phẩm dạng tấm phẳng amiăng - ximăng theo công nghệ Hatschek. Sản phẩm có thể dạng tấm phẳng hay được tạo sóng và có kích thước tấm thay đổi phụ thuộc yêu cầu sử dụng.



Với hàm lượng sợi amiăng có trong sản phẩm là 12%, cường độ uốn của sản phẩm bản mỏng với chất kết dính ximăng tăng gấp 5 lần.



Hình 9.1: *Sơ đồ nguyên lý thiết bị thành hình tấm amiăng - ximăng trên dây chuyền Hatchek.*

1- Tấm ướt; 2- Băng tải lưới; 3- Hồ amiăng - ximăng; 4- Bể chứa hồ; 5- Cánh khuấy; 6- Lưới tròn.

9.3. CÁC SẢN PHẨM DẠNG TẤM XIMĂNG CỐT SỢI KHÔNG CHỨA AMIĂNG

So với vật liệu bê tông cốt sợi, các sản phẩm dạng này thường không chứa cốt liệu lớn. Ngoài ra hàm lượng sợi trong các sản phẩm này cũng lớn hơn rất nhiều. Ngày nay các ngành công nghiệp liên quan đến công nghệ chế tạo các sản phẩm bản mỏng gia cường bằng cốt sợi đang được nghiên cứu phát triển mạnh mẽ nhằm thế sợi amiăng.

Do amiăng có ảnh hưởng xấu tới sức khoẻ của con người, cụ thể là gây bệnh abestosis là một loại bệnh phổi rất trầm trọng. Trên thế gới có rất nhiều nước đã cấm sản xuất và sử dụng các sản phẩm chứa amiăng. Hiện nay ở nước ta có khoảng 32 cơ sở sản xuất tấm lợp amiăng - ximăng với tổng sản lượng trên 35 triệu m^2/năm, do đó việc nghiên cứu thay thế sợi amiăng trong các sản phẩm cách nhiệt và tấm lợp được đặt ra rất cấp bách.

Hầu hết các sáng chế sản phẩm bản mỏng có cốt sợi và chất kết dính ximăng đều nhằm mục đích tạo ra sản phẩm với các tính chất ưu việt như trong trường hợp kết hợp sợi amiăng với ximăng.

Sau hàng chục năm nghiên cứu khẩn trương, song vẫn chưa có một loại vật liệu nào - trong số các vật liệu mới tìm được - có khả năng thay thế đầy đủ

được các tính chất tuyệt hảo của cốt sợi amiăng trong sản phẩm amiăng-ximăng. Hàm lượng sợi amiăng trong sản phẩm amiăng - ximăng có thể đạt đến 15%. Hơn thế sản phẩm amiăng - ximăng lại có độ bền nhiệt rất tốt.

Một số loại sợi đang được nghiên cứu thay thế sợi amiăng như: sợi thép; sợi thuỷ tinh; sợi cacbon; sợi aramit; sợi pôliprôpilen; sợi pôliamit; sợi pôlieste; sợi rayon; sợi pôlivinylalcohol; sợi xenlulô; sợi dứa và sợi HM-pôliacrylo-nitril.

Hầu hết các nhà nghiên cứu trên thế giới đều kết luận rằng không thể thay thế sợi amiăng chỉ với một loại sợi cụ thể nào trong một loại sản phẩm dùng cho nhiều mục đích khác nhau.

Trong quá trình thay thế sợi amiăng bằng một số loại sợi khác đã xuất hiện các vấn đề sau:

- Đối với sợi thép cần có công nghệ chế tạo đặc biệt, giá thành sợi thép đắt và khối lượng thể tích lớn.

- Đối với sợi thuỷ tinh kích thước sợi thô và giòn, khó có thể sử dụng công nghệ Hatschek. Mặt khác tính ổn định kiềm của sợi thuỷ tinh là một vấn đề lớn cần giải quyết.

- Đối với sợi pôlime, môđun đàn hồi thấp, chịu nhiệt kém, khả năng bám dính cũng như tính ổn định hoá học trong ximăng kém.

Dưới đây là một số sản phẩm bản mỏng cốt sợi không chứa amiăng:

- Sản phẩm bản mỏng cốt sợi pôlime: trong các sản phẩm này sợi pôlime có thể được đưa vào dưới dạng rời rạc hoặc dạng lưới hay màng mỏng.

- Sản phẩm bản mỏng ximăng cốt sợi cacbon.

- Sản phẩm bản mỏng ximăng cốt sợi xenlulô.

Tính chất của các sản phẩm ximăng cốt sợi được nêu trong bảng 9.3.

Bảng 9.3. Tính chất của một số sản phẩm bản mỏng cốt sợi

STT	Vật liệu	Môđun đàn hồi, MPa	Cường độ kéo, MPa	Độ dãn dài, ($.10^{-4}$)	Độ đặc ở trạng thái bão hoà	Độ hút nước, % khối lượng khô	Độ rỗng, %
1	Sợi xenlulô	11,7 15.5	7,60 17.2	730 1170	1,85 -	21,3 -	32,6 -

STT	Vật liệu	Môdun đàn hồi, MPa	Cường độ kéo, MPa	Độ dãn dài, $(.10^{-4})$	Độ đặc ở trạng thái bão hoà	Độ hút nước, % khối lượng khô	Độ rỗng, %
2	Sợi PVA và sợi xenlulô	15,0 14,6	6,40 8,00	20000 21000	1,94 -	20,4 -	32,7 -
3	Sợi PVA và sợi xenlulô ép	33,6 37,0	11,8 16,6	360 490	2,17 -	11,5 -	22,4 -
4	Lưới pôliprôpilen liên tục	28,0 -	17,0 -	70000 -	2,11 -	9,5 -	18,3 -
5	Amiăng - ximăng	----- 21,0	----- 23,0	----- 2000	----- 2,06	----- 16,9	----- 29,9

Ghi chú:

- Giá trị trên vạch là giá trị xác định trong trạng thái ẩm;
- Giá trị dưới vạch là giá trị xác định trong trạng thái khô.

Chương X

TẤM SỢI GỖ

Tấm sợi gỗ là loại vật liệu dạng tấm có kích thước lớn được chế tạo bằng cách nghiền gỗ thành sợi, thành hình tấm và gia công nhiệt.

Tuỳ thuộc vào lĩnh vực sử dụng và các tính chất của tấm sợi gỗ mà sản phẩm được phân loại như sau:

- Tấm cách nhiệt (còn gọi là tấm mềm) dùng cho mục đích cách nhiệt và cách âm cho nhà cửa, công trình.

- Tấm cứng, gồm có: tấm bán cứng; tấm cứng; tấm có độ cứng cao, được sử dụng làm vật liệu trang trí và vật liệu chịu lực cho ngành xây dựng, dùng để sản xuất đồ gỗ, bao bì và sử dụng cho các mục đích khác.

10.1. CÁC TÍNH CHẤT CỦA TẤM SỢI GỖ

Tấm sợi gỗ thường được phân biệt theo hình dạng bên ngoài, theo kích thước và tính chất của chúng. Một trong những chỉ tiêu cơ bản làm cơ sở để xếp loại cho sản phẩm tấm sợi gỗ là khối lượng thể tích.

Quan sát bên ngoài có thể thấy sản phẩm gồm có: loại có bề mặt không hoàn thiện và loại được sơn phủ bằng sơn bóng hoặc ốp một lớp màng mỏng, thường gặp nhất là sơn phỏng theo vân gỗ quý. Sản phẩm tấm sợi gỗ có thể đặc hay có khoan lỗ, cấu tạo gồm một lớp hay nhiều lớp.

10.1.1. Cường độ

Đối với tấm sợi gỗ, cường độ uốn là chỉ tiêu quan trọng. Phụ thuộc vào cường độ uốn, kg/cm^2 mà sản phẩm có thể phân thành mác:

- Tấm mềm có các mác: M-4; M-12; M-20.

- Tấm bán cưng có các mác: HT-100.

- Tấm cứng có mác: T-350; T-400.

- Tấm có độ cứng cao có mác: CT-500.

Cường độ kéo của tấm sợi gỗ nhỏ hơn 1,5 lần so với cường độ uốn.

10.1.2. Độ rỗng

Độ rỗng của tấm sợi gỗ có thể được điều chỉnh trong khoảng rộng bằng cách thay đổi độ nghiền mịn của sợi gỗ, áp lực ép khi tạo hình và nhiều yếu tố công nghệ khác.

Độ rỗng chỉ có ý nghĩa với tấm mềm dùng cho mục đích cách âm, cách nhiệt. Với loại sản phẩm này, độ rỗng có thể đạt tới 80%.

10.1.3. Độ hút nước, hút ẩm

Độ hút nước của tấm mềm khá cao, sau 2 giờ ngâm trong nước có thể đạt H_p = 12 - 30%. Đối với tấm có độ cứng cao độ hút nước thường thấp hơn, H_p = 7 - 12%.

Khi độ ẩm tương đối của không khí đạt RH = 100%, độ hút ẩm bão hoà W = 10 - 12% đối với tấm mềm và W = 7 - 8% đối với tấm cứng.

Khi bị làm ẩm, tấm sợi gỗ bị trương nở, cong vênh. Cường độ giảm và hệ số dẫn nhiệt tăng. Tấm bị ẩm sẽ là môi trường thuận lợi cho nấm mốc phát triển. Để tạo cho tấm sợi gỗ có khả năng kỵ nước có thể tẩm sợi gỗ bằng các chất kỵ nước trước khi rót hồ sợi lên lưới thành hình đối với tấm mềm, hay tẩm sản phẩm sau khi ép với tấm cứng.

10.1.4. Độ dẫn nhiệt

Độ dẫn nhiệt của tấm sợi gỗ thấp và phụ thuộc vào độ ẩm, độ rỗng của sản phẩm. Đối với tấm mềm λ = 0,054 - 0,093W/(m.°C); còn với tấm cứng λ = 0,163 - 0,233W/(m.°C).

10.1.5. Một số tính chất khác của tấm sợi gỗ

Tấm sợi gỗ dễ bắt lửa và có thể cháy âm i. Để nâng cao khả năng chống cháy của tấm sợi gỗ thường đưa vào hồ sợi gỗ các chất phụ gia chống cháy hoặc phủ lên sản phẩm một lớp chống cháy. Nhiệt độ sử dụng tới hạn của tấm sợi gỗ là t_{sd} = 100°C.

Tấm sợi gỗ là loại vật liệu có khả năng cách âm tốt. Hệ số hút âm phụ thuộc vào độ rỗng, độ dày cũng như trạng thái bề mặt của sản phẩm. Khi tần số âm f = 1000Hz, hệ số hút âm k = 0,40 - 0,55. Để tăng hệ số hút âm có thể xẻ rãnh, đục lỗ tấm sợi gỗ.

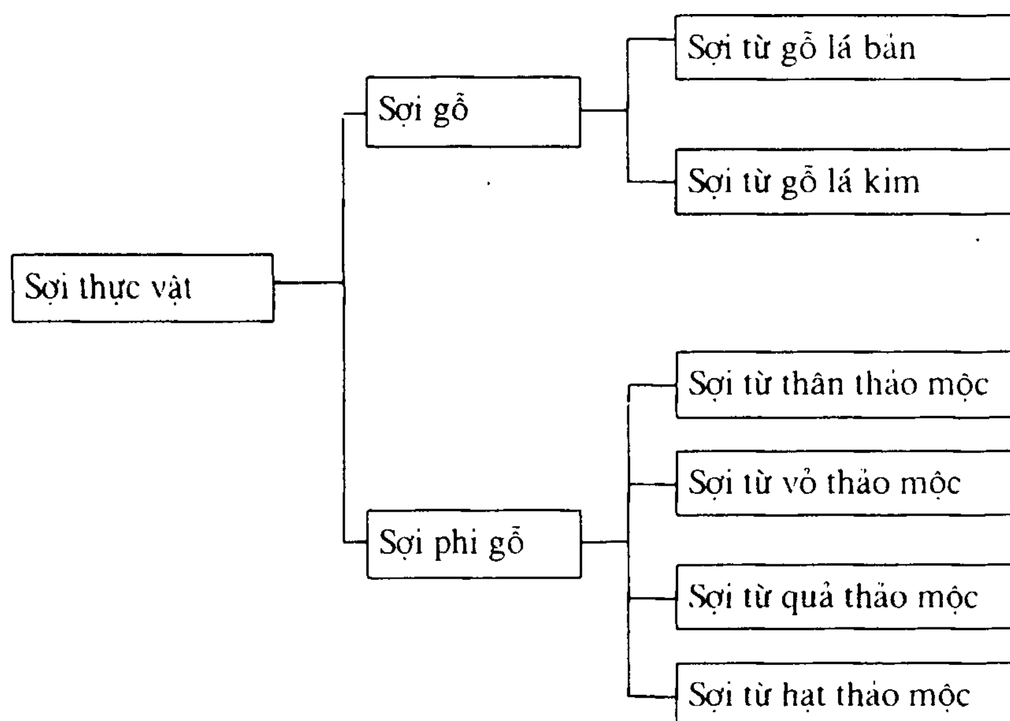
10.2. NGUYÊN VẬT LIỆU ĐỂ CHẾ TẠO TẤM SỢI GỖ

Tấm sợi gỗ có thể được chế tạo từ vật liệu sợi của bất kỳ loại thực vật nào có sợi dài, mảnh và bền chắc.

Nguyên liệu chính để chế tạo tấm sợi gỗ là gỗ và thân của một số loài thảo mộc.

Gỗ nguyên liệu cho sản xuất tấm sợi gỗ thường là loại không dùng được cho mục đích làm sản phẩm đồ gỗ từ cây gỗ lá kim (thông, tùng, phi lao) hay lá bản (bạch đàn, gỗ mỡ, keo, v.v...), tre nứa. Phế liệu của công nghiệp chế biến gỗ, công nghiệp giấy, giấy loại và phế thải của ngành nông nghiệp như cây ngô, rạ và thân của các loại thực vật như lau, sậy, cỏ tranh, bã mía, xơ dừa, v.v... Tuy vậy nguyên liệu chính dùng để chế tạo tấm sợi gỗ là gỗ.

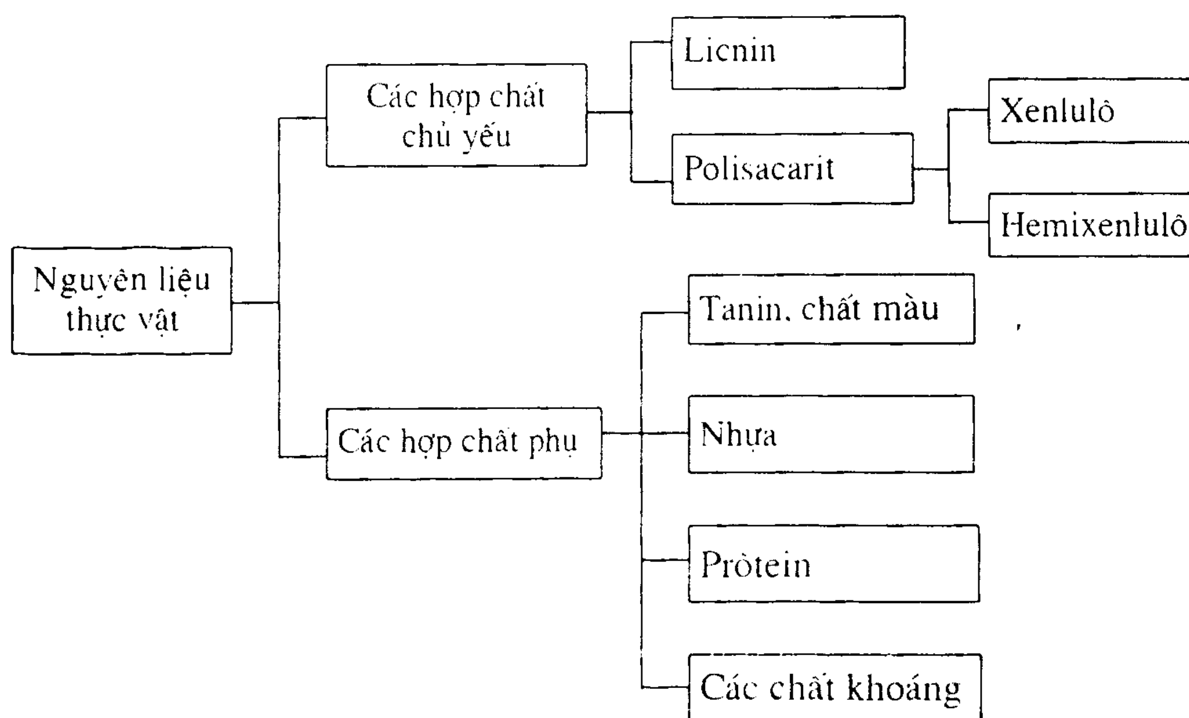
Sợi thực vật có thể được phân loại theo sơ đồ hình 10.1.



Hình 10.1: *Sơ đồ phân loại sợi thực vật.*

Trong gỗ, vỏ của tế bào được làm từ xenlulô, bán xenlulô và licnin. Các chất nhựa, dầu, chất tan (độc tố) và các chất nhuộm màu là thành phần ruột của tế bào gỗ.

Thành phần hoá học của nguyên liệu thực vật rất đa dạng, tuy vậy có thể phân chúng thành hai nhóm chính: nhóm các hợp chất chủ yếu và nhóm các hợp chất phụ theo sơ đồ hình 10.2.



Hình 10.2: *Sơ đồ phân loại các hợp chất trong nguyên liệu thực vật.*

Xenlulô $(C_6H_{10}O_5)_n$ là tinh thể, bền hoá, thuỷ phân ở nhiệt độ 180°C (áp suất P = 1 - 1,5MPa).

Các tinh thể xenlulô kết lại thành mixen dạng que, dài l = 500 - 700A° dày a = 50 - 60A°. Các mixen lại hợp thành fibrill dày 3000 - 5000A°. Các mixen và fibrill là thành phần chính của tế bào gỗ dạng sợi dài.

Trong gỗ lá kim tế bào dạng sợi chiếm 90 - 95%, với lá bản là 60-65%. Chiều dài của tế bào gỗ từ 1mm, với gỗ lá bản đến 3 - 10mm, với gỗ lá kim.

Licnin là sản phẩm dạng vô định hình, kém bền hoá hơn so với xenlulô, có tác dụng tăng khối liên kết giữa các sợi gỗ trong quá trình ép.

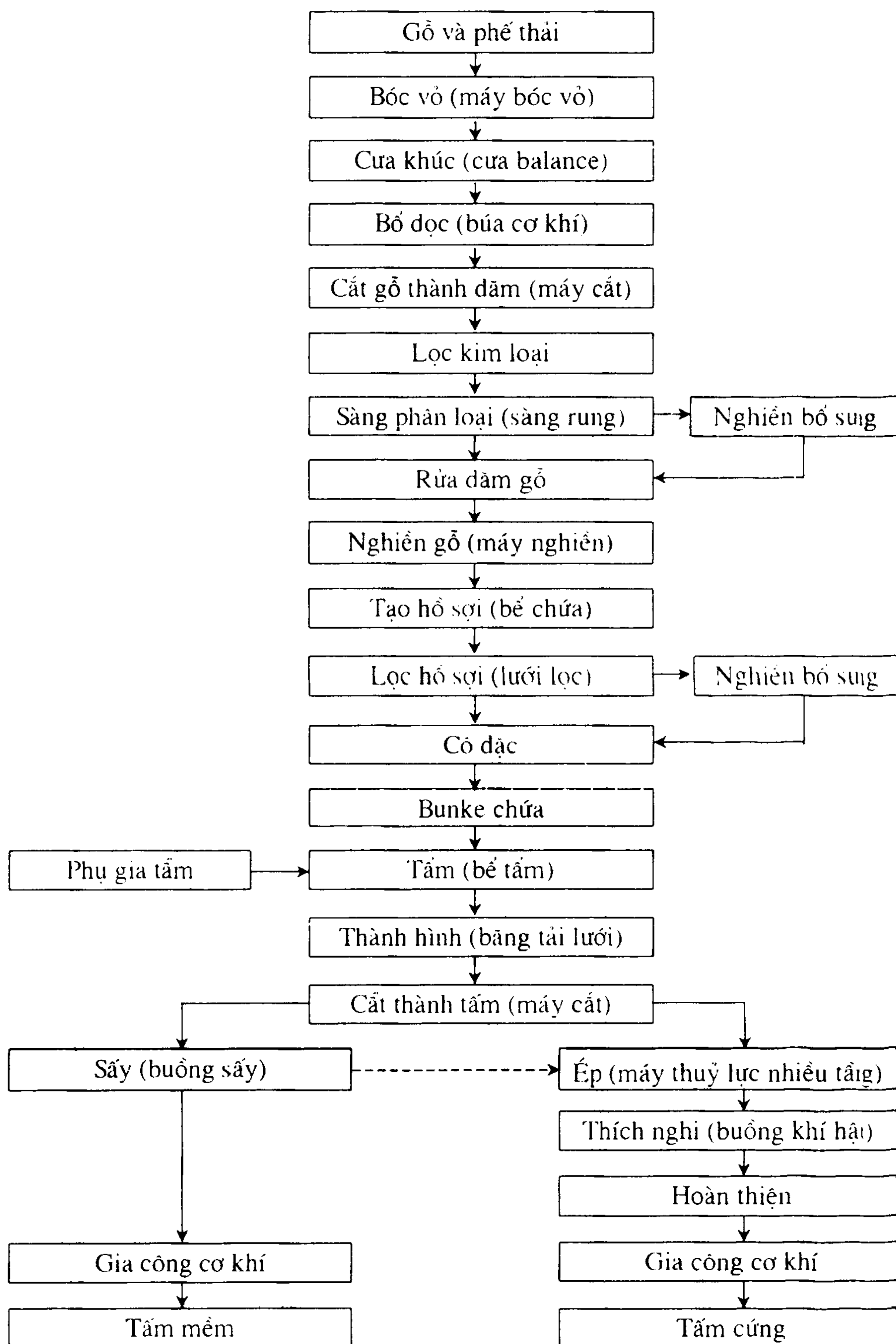
Hemixenlulô, hay bán xenlulô có thành phần gần với xenlulô.

10.3. CÔNG NGHỆ TẤM SỢI GỖ

Dây chuyền chế tạo tấm sợi gỗ gồm các công đoạn chủ yếu sau đây:

- Chuẩn bị gỗ dăm.
- Nghiền gỗ dăm thành sợi.
- Chế tạo hồ sợi.
- Thành hình sản phẩm.
- Gia công nhiệt.

Dưới đây là sơ đồ dây chuyền nguyên lý sản phẩm tấm sợi gỗ



10.3.1. Chuẩn bị dăm gỗ

Vỏ cây là thành phần không có lợi vì làm thay đổi màu sắc, tăng độ hút nước và khi hàm lượng vỏ cây lớn hơn 17 - 20% cường độ cơ học của tấm sợi gỗ giảm, do đó chúng được loại bỏ bằng các máy bóc vỏ thuỷ lực hay cơ khí.

Gỗ dài được cưa thành khúc bằng cưa đĩa đặt trên dàn dao động ngang hay dao động thẳng đứng. Gỗ có đường kính lớn được bổ dọc cho vừa lỗ nạp của máy cắt bằng búa cố định hay búa chuyển động tịnh tiến.

Dăm gỗ sau khi ra khỏi máy cắt cần có kích thước trung bình thoả mãn:

- Dài 10 - 95mm theo chiều dọc sợi.

- Rộng 25mm theo chiều ngang thớ.

- Dày không > 7mm.

Hàm lượng gỗ mục không vượt quá 5%. Dăm gỗ thô sẽ làm giảm công suất máy nghiền. Nếu dăm gỗ ngắn thì cường độ tấm sợi gỗ giảm do giảm khả năng đan bện của sợi trong sản phẩm. Để chế tạo dăm gỗ có thể sử dụng máy cắt kiểu đĩa hay kiểu tang có gan dao.

Sau khi ra khỏi máy cắt dam gỗ được đưa qua máy lọc kim loại và sau đó đưa qua sàng phân loại. Dăm thô cần qua máy đập vụn và bụi gỗ được loại bỏ. Sau đó gỗ dăm được rửa sạch trong bể rồi rửa lại trên băng tải vít và cho vào máy nghiền để tạo khối thuỷ hay dung dịch hồ sợi.

10.3.2. Chế tạo hồ sợi

Nghiền gỗ là quá trình hoá lý phức tạp gồm việc tách dăm gỗ thành chùm sợi hoặc thành sợi riêng biệt theo chiều dọc sợi; cắt ngang chùm sợi hoặc sợi và tiếp tục tách chung thành sợi mảnh hơn.

Có thể nghiền thô hoặc mịn, tuy nhiên khó đạt được chất lượng sản phẩm cao khi nghiền thô. Mặc dù hồ sợi thô tách nước nhanh, song quá trình tạo phớt xảy ra khó khăn, thảm sợi xốp các sợi đan bện nhau kém hơn so với khi hồ sợi được nghiền mịn. Nếu sợi bị nghiền và cắt thành sợi quá ngắn sẽ không có khả năng tạo phớt.

Độ nghiền mịn của hồ sợi được xác định bởi tốc độ mất nước hay bằng độ °SHR (Schopper - Riggler). Chiều dài sợi phụ thuộc vào thiết bị nghiền có thể dài từ 3 - 4mm đến 50 - 90μm.

Các phương pháp chế biến sợi gỗ thành sợi bao gồm:

- Phương pháp cơ học.
- Phương pháp cơ - nhiệt.
- Phương pháp hoá - cơ.
- Ngoài ra còn có phương pháp nổ.

Phương pháp cơ học chủ yếu dựa trên nguyên lý: sự cọ xát giữa các dăm gỗ bởi các đĩa hay ống trụ có gờ quay với tốc độ nhanh, có hoặc không có thiết bị đốt nóng. Có thể sử dụng hoá chất làm giảm nhẹ quá trình nghiền. Các đĩa quay nhờ có lực quán tính ly tâm sẽ tách khối sợi bám trên bề mặt đĩa và ném chúng vào bể nước, vừa có tác dụng làm nguội vừa có tác dụng tách các sợi dính bám nhau. Phương pháp cơ học ít được sử dụng do chi phí điện năng lớn, khó chế biến sợi gỗ từ gỗ dăm (800kW/1 tấn sợi thô).

Phương pháp cơ - nhiệt bao gồm việc đốt nóng dăm gỗ bằng hơi nước áp suất cao hoặc nước nóng không thấp hơn 70°C, sau đó sợi được tách ra bởi hai đĩa có gờ quay ngược chiều với tốc độ khác nhau. Dưới tác dụng của nhiệt độ cao licnin bị mềm làm yếu liên kết giữa các sợi, các chất dễ thuỷ phân bị thuỷ phân làm giảm nhẹ quá trình tách sợi. Sợi được chế tạo theo phương pháp này có độ mịn cao, cấu trúc không bị phá vỡ. Tuỳ thuộc vào độ nghiền mịn mà quá trình nghiền có thể một hoặc hai giai đoạn. Để chế tạo tấm cách nhiệt cần sử dụng sợi có độ mịn cao, do đó cần nghiền lại hồ sợi. Phương pháp cơ - nhiệt được sử dụng rất rộng rãi vì cho phép chế tạo được hồ sợi gồm các sợi mảnh và dài với chi phí năng lượng điện không lớn (200 - 260kW/1 tấn sợi thô).

Phương pháp hoá - cơ bao gồm việc nấu gỗ trong dung dịch kiềm yếu và nghiền gỗ bằng thiết bị nghiền. Khi nấu trong kiềm yếu, licnin bị hoà tan cùng với một phần hemixenlulô cũng như các chất liên kết sợi. Phương pháp này cho phép tạo ra sợi dài đàn hồi để sản xuất sản phẩm mềm chất lượng cao, tuy nhiên ít sử dụng do tính chất phức tạp trong công đoạn gia công hoá học và hệ số sản lượng sợi thấp (< 80%).

Dung dịch hồ sợi gỗ sau khi ra khỏi máy nghiền được pha loãng đến hàm lượng 0,3 - 0,5% để lọc ướt. Sợi thô được cô đặc đến hàm lượng 4 - 5%, sau đó được nghiền bổ sung.

10.3.3. Tẩm hồ sợi

Để cải thiện một số tính chất của tấm sợi gỗ cần tẩm sợi gỗ bằng nhũ tương chứa các hoá chất cần thiết.

Nhũ tương nước từ các loại dầu ôxy hoá như dầu đay, dầu bông, v.v..., hoặc các loại nhựa tổng hợp như phênolfomanđêhit có tác dụng tăng cường độ cơ học. Các nhũ tương parafin, nhựa thông, nhựa đường khi sử dụng với hàm lượng đến 2% có tác dụng tăng độ bền nước của sản phẩm.

Nhũ tương bị kết tủa trên bề mặt sợi trong môi trường axit (pH = 4 - 5). Để tạo ra môi trường axit cần thêm vào hồ sợi 1% H_2SO_4 hay 0,5% $Al_2(SO_4)_3$.

Để tăng độ bền sinh học cần cho thêm vào hồ sợi gỗ chất kháng sâu bọ Na_6SiF; hoặc tăng khả năng chống cháy cần sử dụng phụ gia chống cháy: $(NH_4)_2SO_4$; $R(PO_4)$. Tuy nhiên khi chế tạo tấm sợi gỗ theo phương pháp ướt, phần lớn các chất này có thể bị rửa trôi trong quá trình tách nước.

Sau khi tẩm hoá chất, hồ sợi được pha loãng đến nồng độ 0,9 - 2,2% và cho lên dây chuyền tạo hình thảm sợi.

10.3.4. Thành hình tấm

Nước trong dung dịch hồ sợi bị tách ra lần lượt qua các công đoạn lọc tự do qua lưới lọc; hút chân không và ép bằng trục ép.

Trong giai đoạn đầu các sợi lơ lửng xích lại gần nhau, đan bện lên nhau, xuất hiện lực liên kết giữa các sợi và diễn ra quá trình phớt hoá. Nhờ có sự lọc nước qua lưới hồ sợi bị mất nước mà tạo thành tấm thảm sợi với độ ẩm tương đối, W = 90 - 92%. Quá trình mất nước tiếp theo là nhờ lực hút chân không và áp lực của trục ép (W = 65 - 70%).

Tấm sợi gỗ được thành hình trên thiết bị lọc có cấu tạo khác nhau. Thiết bị này hoạt động theo nguyên tắc gián đoạn gồm thùng lọc, thiết bị lọc có lưới dài hay lưới tròn hoạt động theo nguyên tắc liên tục. Tuy nhiên phổ biến hơn cả vẫn là thiết bị lọc lưới dài.

Hồ sợi được rót liên tục lên lưới lọc chuyển động liên tục. Hai bên thành băng tải lưới có các băng tải đứng tạo không gian hình hộp. Để cải thiện sự đan bện của sợi, thiết bị lưới lọc được trang bị máy rung theo phương đứng. Khi hàm lượng sợi đạt 7 - 10% quá trình lọc tự do sẽ kết thúc. Sau đó hồ sợi sẽ chuyển qua bộ phận hút chân không. Tại đây hàm lượng sợi sẽ tăng đến

12 - 16%. Khi ra khỏi khu vực này quá trình mất nước sẽ xảy ra do áp lực ép của máy ép lên bề mặt hai lưới chuyển động cùng chiều. Độ ẩm và chiều dày của tấm thảm giảm dần dọc theo chiều dài của băng tải lưới. Sau khi ra khỏi máy ép, tấm được cắt theo kích thước và cắt biên, sau đó được chuyển qua bộ phận gia công nhiệt.

10.3.5. Gia công nhiệt

Tấm mềm có độ ẩm tương đối 60 - 65% được sấy bằng buồng sấy ba vùng nhiều tầng kiểu con lăn. Thiết bị sấy hoạt động theo nguyên tắc ngược dòng có hồi lưu khí thải. Chiều dài của buồng sấy con lăn L = 30 - 90m, nhiệt độ sấy t = 130 - 160°C sau 3 giờ. Buồng sấy được trang bị bộ phận làm lạnh.

Để chế tạo tấm cứng, bán sản phẩm có độ ẩm 65 - 70% được ép nóng trên máy ép thuỷ lực nhiều tầng với bộ phận đốt nóng bằng điện hay hơi nước áp suất cao. Việc sử dụng quá trình ép nóng có tác dụng làm bay hơi nước và giúp cho sợi xích lại gần nhau làm xuất hiện lực hấp dẫn phân tử. Nhiệt độ thớt ép cao (t = 170°C) tạo điều kiện làm mềm phần licnin dư và tăng độ đàn hồi của sợi cùng độ đặc của sản phẩm.

Máy ép thuỷ lực nhiều tầng ép tấm khô có công suất 4 - 5,3 ngàn tấn/năm, với áp lực ép đến 5,5MPa. Chu kỳ ép sản phẩm từ 8 - 15 phút.

Để làm tăng chất lượng tấm cứng sau khi ép có thể tẩm tấm bằng cách nhúng tấm vào bể chứa dầu nóng 110 - 120°C, với các loại dầu bay hơi như dầu đay, v.v... trong vòng 30 phút. Sau đó sản phẩm tấm cứng được ôi trong điều kiện nhiệt độ 150 - 170°C, trong vòng 2 - 3 giờ tại buồng tôi.

Sau khi ra khỏi buồng tôi, tấm cứng có độ ẩm ≈ 0% và có nhiệt độ cao. Cần phải làm nguội sản phẩm và tạo ra độ ẩm cân bằng (6 - 10%) trong buồng thích nghi (kiểu buồng sấy) với độ ẩm 40 - 60%, nhiệt độ 60 - 65°C trong vòng 6 - 8 giờ.

Cuối cùng sản phẩm được tạo lớp trang trí, cắt đúng kích thước và đóng gói đưa sang kho sản phẩm.

Tấm cứng cũng có thể được chế tạo theo phương pháp ép ướt trên máy ép thuỷ lực nhiều tầng thớt ép có lưới lọc nước.

Chương XI

FIBRÔLIT

Fibrôlit là vật liệu dạng tấm được thành hình từ hỗn hợp xơ gỗ và chất kết dính vô cơ bằng phương pháp ép.

Theo lĩnh vực sử dụng fibrôlit có thể có các loại như: fibrôlit cách nhiệt, fibrôlit cách nhiệt cấu kiện và fibrôlit cách âm.

Ở Liên Xô cũ có khoảng 40 nhà máy chế tạo fibrôlit với tổng sản lượng gần 3 triệu tấn/năm chiếm khoảng 9% tổng sản lượng vật liệu cách nhiệt. Fibrôlit có thể là fibrôlit - ximăng; fibrôlit - magiê; fibrôlit từ chất kết dính magiê - đôlômi, vôi - ximăng, vôi - trepel, thạch cao, v.v... Một số nước khác như Thuỵ Điển, Hoa Kỳ, Bỉ, Cộng hoà Liên bang Đức công nghiệp chế tạo sản phẩm dạng fibrôlit tương đối phát triển với các tên gọi khác nhau.

11.1. CÁC TÍNH CHẤT CỦA FIBRÔLIT XIMĂNG

11.1.1. Độ rỗng

Fibrôlit có các lỗ rỗng lớn không đồng nhất, cấu trúc dạng sợi và chủ yếu là lỗ rỗng thông nhau. Khi sản phẩm có khối lượng thể tích γ_0 = 300 - 500kg/m^3 độ rỗng dao động trong khoảng 87 - 77%.

11.1.2. Độ đặc và cường độ

Phụ thuộc vào khối lượng thể tích fibrôlit có các mác sau: 300, 350, 400 và 500; trong đó mác 300 chiếm khối lượng chủ yếu. Khối lượng thể tích của fibrôlit thay đổi phụ thuộc vào lượng dùng chất kết dính và áp lực ép trong quá trình tạo hình. Khi khối lượng thể tích tăng cường độ uốn cũng như tính chống cháy tăng tuy nhiên khả năng cách nhiệt giảm. Cường độ của fibrôlit phụ thuộc chủ yếu vào kích thước và chất lượng của xơ gỗ, lượng dùng chất kết dính, chiều dày của tấm, áp lực ép cũng như chế độ gia công nhiệt. Giá trị cường độ uốn dao động trong khoảng 0,4 - 1,2MPa.

Fibrôlit là vật liệu kém bền nước, do đó cần giữ cho fibrôlit không bị làm ẩm trong quá trình sử dụng. Khi bị làm ẩm đến độ ẩm W_p = 50% cường độ cơ

học giảm 1,5 - 2 lần. Độ hút nước tăng khi khối lượng thể tích và lượng dùng chất kết dính giảm. Giá trị độ hút nước dao động trong khoảng 35 - 60%. Fibrôlit ximăng ít hút ẩm và cong vênh.

11.1.3. Độ dẫn nhiệt

Fibrôlit có độ dẫn nhiệt thấp. Ở trạng thái khô, độ dẫn nhiệt của fibrôlit ximăng phụ thuộc vào khối lượng thể tích λ = 0,099 - 0,151W/(m.°C), tuy nhiên khi bị làm ẩm, độ dẫn nhiệt tăng; cụ thể khi độ ẩm thể tích δ_w tăng 1%, độ dẫn nhiệt tăng 5 - 14%.

Fibrôlit có khả năng cách âm tốt do có cấu trúc rỗng hở lớn. Hệ số hút âm của fibrôlit phụ thuộc vào tần số âm và chiều dày tấm. Tấm có độ dày 30mm khi f = 1000Hz, có hệ số hút âm k = 0,4.

Fibrôlit là vật liệu khó cháy. Trên thực tế fibrôlit không cháy thành lửa ngọn song cháy âm ỉ. Thời gian cháy âm ỉ sau khi cách ly ngọn lửa là 30 giây. Trong trạng thái khô fibrôlit có độ ổn định sinh học tốt, không bị nấm mốc và động vật gặm nhấm phá hại. Tuy nhiên khi bị làm ẩm đến độ ẩm 35%, fibrôlit sẽ bị nhiễm nấm. Tuổi thọ của fibrôlit khá cao trong trường hợp được bảo vệ khỏi tác động xấu của môi trường. Sản phẩm fibrrôlit dễ cưa, khoan và đóng đinh dễ sơn và trát vữa.

11.2. NGUYÊN VẬT LIỆU CHẾ TẠO FIBRÔLIT XIMĂNG

Nguyên vật liệu để chế tạo fibrôlit bao gồm gỗ dưới dạng xơ mảnh dài, ximăng, chất khoáng hoá và nước.

Xơ gỗ được chế tạo từ gỗ phế liệu dạng súc tròn không chứa phần bị mục, có thể cho phép có độ cong nhất định kể cả một số lượng hạn chế mắt gỗ. Trong khi lựa chọn gỗ cần đặc biệt quan tâm đến sự có mặt của chất tan là thành phần có ảnh hưởng bất lợi đến quá trình thuỷ hoá ximăng pooclăng. Hàm lượng chất tan phụ thuộc vào loại gỗ, bộ phận của gỗ trong cây, tuổi, mùa đốn cũng như thời gian cất giữ trong kho chứa. Gỗ lá kim chứa ít chất tan hơn so với gỗ lá bản. Gỗ phần gốc chứa nhiều chất tan hơn phần giữa. Gỗ thu hoạch mùa hè chứa nhiều chất tan hơn gỗ thu hoạch vào mùa đông. Xơ gỗ có kích thước: dài 200 - 500mm, rộng 2 - 5mm, dày 0,3 - 0,5mm. Nếu sử dụng xơ gỗ mỏng hơn 0,3mm sẽ làm giảm cường độ sản phẩm, còn trong trường hợp xơ gỗ dày quá 0,5mm sản phẩm sẽ kém đàn hồi.

Ximăng thường dùng là ximăng pooclăng có hoạt tính không thấp hơn PC-40, là ximăng pooclăng rắn nhanh hay ximăng pooclăng xỉ. Ximăng có hàm lượng C_3S > 60% và C_3A không < 12% là thích hợp nhất cho việc sản xuất fibrôlit vì có tốc độ phát triển cường độ cao.

Để trung hoà độc tố dưới dạng các chất tan như đường các loại, tananh, v.v... và tăng khả năng bám dính giữa đá ximăng và xơ gỗ, thường sử dụng canxi clorua, thuỷ tinh lỏng hoặc các phụ gia khoáng hoá khác. Phụ gia khoáng hoá được sử dụng với hàm lượng tính toán và được cân đong cẩn thận vì nếu lượng dùng lớn hơn hoặc nhỏ hơn giá trị này sẽ làm giảm đột ngột cường độ ximăng đã rắn chắc tức làm giảm cường độ sản phẩm.

11.3. CÔNG NGHỆ FIBRÔLIT XIMĂNG

11.3.1. Cơ sở hoá lý của công nghệ fibrôlit

Công nghệ fibrôlit được dựa trên khả năng cho phép cắt gỗ thành xơ dai mảnh và liên kết các xơ này với nhau bởi chất kết dính thuỷ lực với mục đích hình thành khung sợi.

Sự tương tác giữa xơ gỗ và chất kết dính có một số điểm khác biệt. Gỗ là một tập hợp phức tạp gồm nhiều chất có nguồn gốc hữu cơ như xenlulô, licnin, hemixenlulô, các chất trích ly, nhựa và các loại đường, muối khoáng tan trong nước. Trong môi trường kiềm hemixenlulô bị thuỷ phân và biến thành đường đơn giản tan trong nước (như đường sacarô, fructô, glucô) là các độc tố mạnh đối với ximăng. Xenlulô, licnin cũng như các chất trích ly, nhựa và muối khoáng tan ít có ảnh hưởng đến sự rắn chắc của ximăng. Sản phẩm thuỷ hoá của hemixenlulô làm chậm đáng kể quá trình rắn chắc của ximăng đồng thời làm giảm mạnh cường độ của ximăng đã rắn chắc (từ 5 - 10 lần). Để loại bỏ ảnh hưởng có hại của độc tố cần xử lý gỗ bằng phương pháp hoá - sinh, vật lý và hoá học.

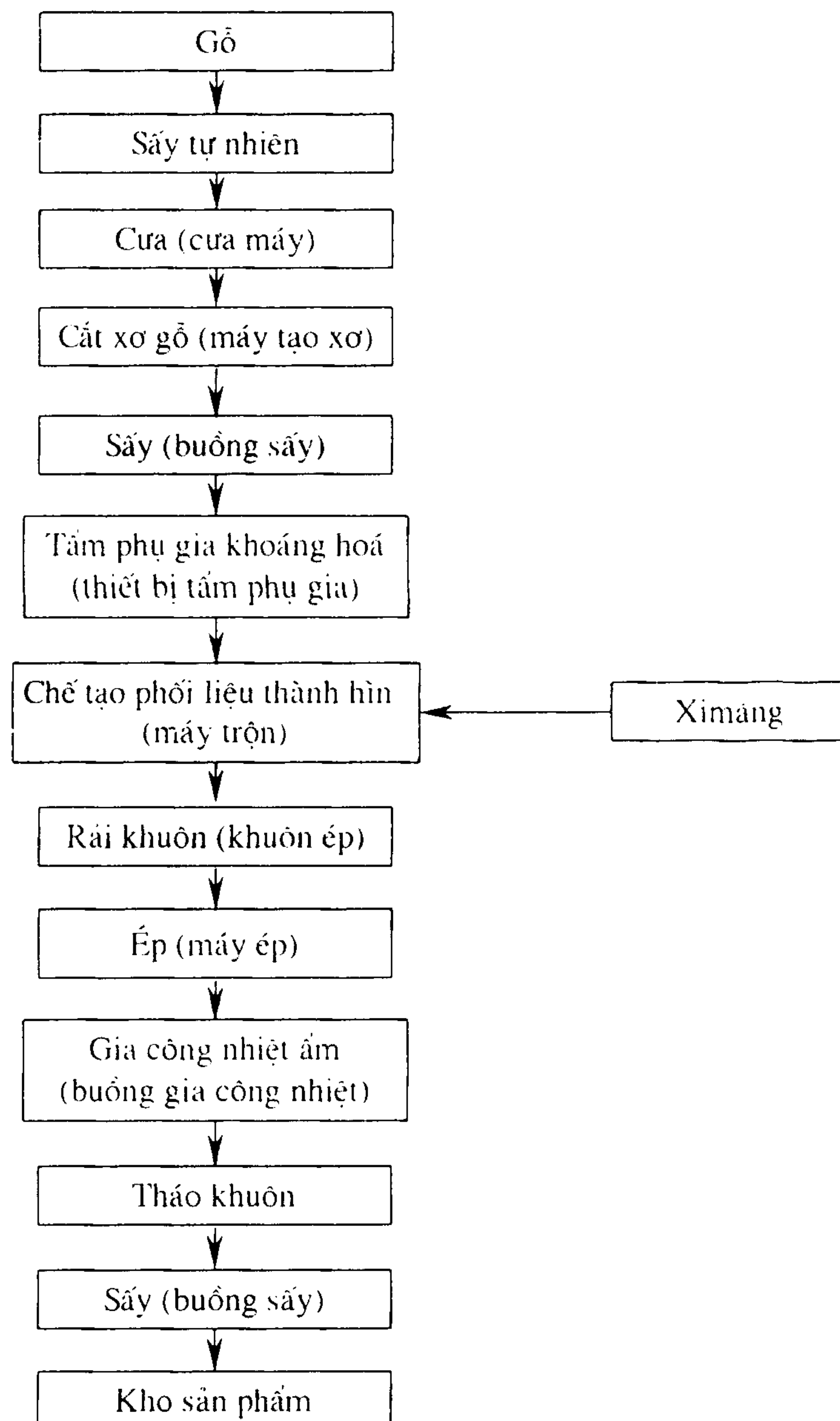
11.3.2. Công nghệ fibrôlit

Fibrôlit có thể được chế tạo theo phương pháp ướt hoặc phương pháp khô.

Phương pháp ướt gồm các công đoạn như nhúng xơ gỗ vào bể chứa hồ ximăng và phụ gia khoáng hoá và loại bỏ phần hồ ximăng dư thừa trên bàn rung. Phương pháp này đòi hỏi phải nhào trộn liên tục hỗn hợp hồ ximăng tránh hiện tượng phân tầng tách nước, mặt khác khi một lượng nước lớn

được đưa vào hỗn hợp sẽ có ảnh hưởng xấu đến phẩm chất của tấm. Trong bể chứa hồ một phần ximăng có thể bị rắn chắc làm tăng tổn thất vật liệu. Trên thực tế phương pháp khô được sử dụng phổ biến hơn. Công nghệ fibrôlit theo phương pháp khô gồm các công đoạn như chế tạo xơ gỗ, chuẩn bị hỗn hợp tạo hình, tạo hình tấm, ép tấm và gia công nhiệt.

Sơ đồ nguyên lý dây chuyền công nghệ fibrôlit ximăng



a) Chuẩn bị nguyên vật liệu

Gỗ sau khi chở về nhà máy được bóc vỏ và chuyển qua bộ phận lưu kho để loại bỏ ảnh hưởng xấu của độc tố đối với ximăng.

Gỗ cần để ngoài trời từ 4 - 6 tháng. Trong thời gian này, dưới tác động của nhiệt, ánh sáng xảy ra sự ôxy hoá một số chất, biến đổi các loại đường tan và hemixenlulô thành các chất khó tan. Sau đó gỗ được cưa khúc, loại bỏ những bộ phận mục thối và được đưa lên máy tạo xơ.

Máy cắt xơ gỗ có thể có dao chuyển động tịnh tiến hay chuyển động quay. Dao được gắn lên bộ phận chuyển động sao cho gỗ được cắt dọc theo thớ. Xơ được cắt ngang thớ trong quá trình vận chuyển sẽ bị gẫy vụn làm giảm chất lượng sản phẩm. Sau đó xơ gỗ được sấy đến độ ẩm 20 - 22% để giảm tác hại của độc tố với ximăng, đồng thời thúc đẩy sự khoáng hoá xơ gỗ. Xơ gỗ càng khô thì chất khoáng hoá càng ngấm sâu vào lỗ rỗng mao quản của gỗ và quá trình khoáng hoá càng có hiệu quả hơn.

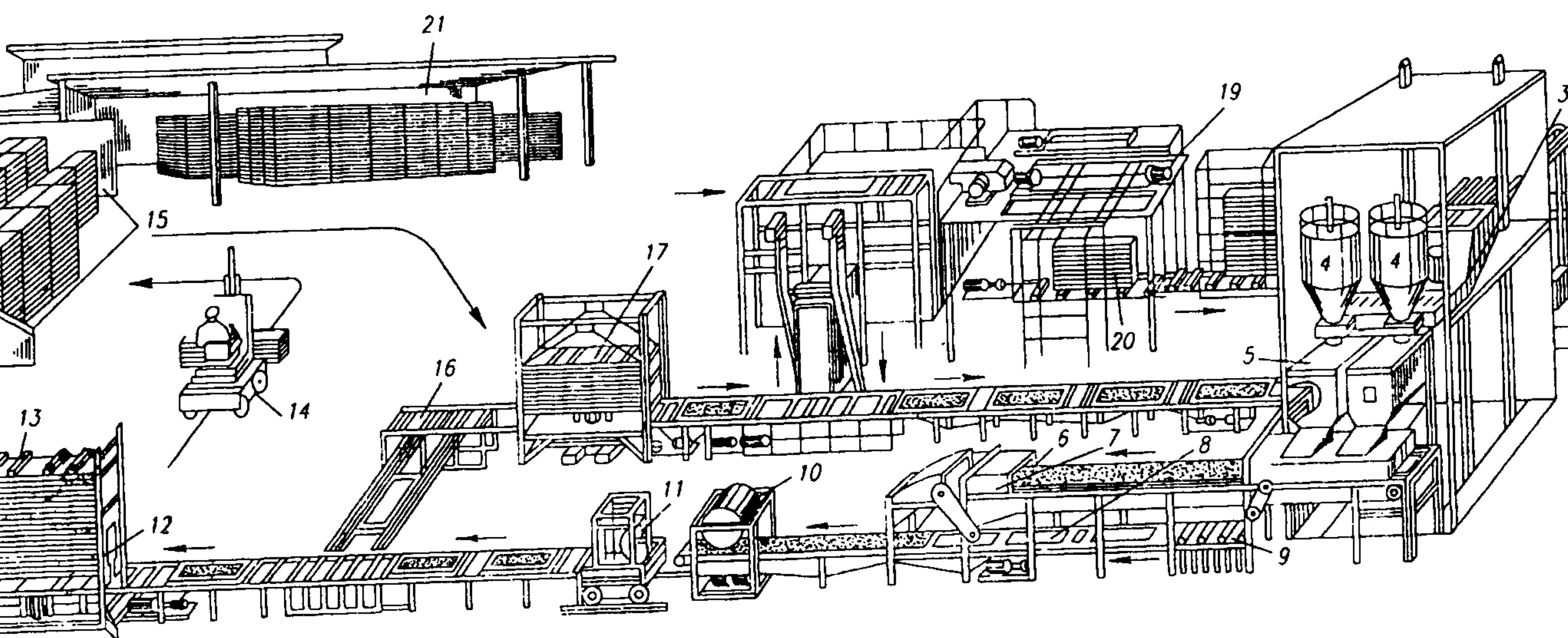
b) Chuẩn bị hỗn hợp tạo hình

Quá trình khoáng hoá xơ gỗ được tiến hành bằng cách phun lên xơ gỗ dung dịch chất khoáng hoá, hoặc nhúng chúng vào bể chứa chất này. Chất khoáng hoá có thể là dung dịch 3 - 4% $CaCl_2$ hoặc thuỷ tinh. Thiết bị tẩm chất khoáng hoá có thể là băng tải có lỗ thoát hoặc là các máy trộn kiểu thùng quay. Sau đó trên bàn rung dung dịch khoáng hoá dư thừa sẽ bị loại khỏi xơ gỗ và độ ẩm sau khi tẩm chất khoáng hoá thường nằm trong khoảng 140 - 160%. Nếu chất kết dính là ximăng belit thì có thể không cần sử dụng phụ gia khoáng hoá.

Tỷ lệ giữa xơ gỗ và ximăng phụ thuộc vào mác của sản phẩm và loại xơ. Mỗi loại xơ gỗ sẽ có một tỷ lệ hợp lý, tương ứng với độ dày tối ưu của lớp đá ximăng trên bề mặt xơ gỗ.

Khi lượng dùng ximăng vượt quá giá trị kể trên cường độ sản phẩm sẽ không tăng, mặt khác khối lượng thể tích lại tăng. Khi giảm lượng dùng ximăng, cường độ sản phẩm giảm và giảm độ bền sinh học cũng như khả năng chống cháy. Với fibrôlit mác 300, tỷ lệ giữa xơ gỗ và ximăng (theo khối lượng) là 1 : 2,3 - 1 : 2,7. Độ ẩm của phối liệu cần giữ trong khoảng 45 - 50%.

Quá trình trộn phối liệu được thực hiện trong máy trộn cưỡng bức hoặc máy trộn rơi tự do, phải loại trừ khả năng xơ gỗ bị lèn chặt cuốn vào máy trộn.



***Hình 11.1:** Dây chuyền tự động hoá chế tạo fibrôlit.*

Máy cắt xơ gỗ; 2- Thiết bị vận chuyển khí nén; 3- Bàn rung; 4- Bunke chứa; 5- Máy trộn; 6- Băng tải; 7- Tang phân phối; ; 9 Dây chuyền chuyển khuôn. 10 Trục ép. 11 Cưa đĩa. 12 Máy ép và tổ hợp khuôn. 13- Máy ép sản phẩm. 14- X Buồng rắn chắc; 16- Băng chuyền ngang; 17- Thiết bị dỡ; 18- Bộ phận tháo khuôn; 19- Máy cắt đúng kích thước; 20- Ch Bộ phận sấy tự nhiên.

c) Thành hình tấm fibrôlit

Hỗn hợp tạo hình được rải lên khuôn bằng thiết bị rải trục quay, sau đó được làm tơi bằng thiết bị chuyên dụng, cuối cùng được chải bằng tay hay máy chải. Sản phẩm tấm fibrôlit được ép trên các máy ép thủ lực, máy ép khí nén, hay máy ép cơ khí. Đối với máy ép khí nén áp lực được duy trì từ trong khoảng 0,06 - 0,1MPa nhờ áp lực của các lớp phối liệu trực tiếp đè lên hay nhờ các tấm gia tải. Phương pháp này sử dụng để chế tạo tấm cách nhiệt. Đối với các sản phẩm có độ đặc cao thường sử dụng máy ép thuỷ lực nhiều tầng với áp lực ép 0,25 - 0,4MPa.

d) Gia công nhiệt ẩm tấm fibrôlit

Khuôn có chứa sản phẩm được giữ trong buồng dưỡng hộ có độ ẩm 60 - 70% và nhiệt độ 30 - 35°C trong thời gian 8 giờ đối với ximăng rắn nhanh và 24 giờ đối với ximăng pooclăng thường. Sau đó sản phẩm được tháo khuôn, xén cạnh và sấy để giảm độ ẩm đồng thời tạo điều kiện cho ximăng tiếp tục rắn chắc. Quá trình sấy được thực hiện trong môi trường độ ẩm 60 - 70%, nhiệt độ 59 - 60°C trong 1 - 2 ngày, hoặc sấy tự nhiên từ 5 - 7 ngày để đạt độ ẩm cân bằng của sản phẩm từ 15 - 20%.

Dây chuyền công nghệ sản xuất tấm fibrôlit tự động hoá được thể hiện trong hình 11.1.

Chương XII

CHẤT DẺO CÁCH NHIỆT

Chất dẻo cách nhiệt hay còn gọi là chất dẻo chứa khí là hệ hai pha, gồm vật liệu tạo khung là chất dẻo và pha khí dưới dạng các bọt khí phân tán tương đối đồng đều. Phụ thuộc vào giá trị môđun đàn hồi mà chất dẻo chứa khí phân thành chất dẻo chứa khí dạng cứng, dạng bán cứng và dạng đàn hồi. Chất dẻo chứa khí dạng cứng là loại vật liệu tương đối phổ biến dùng cho mục đích cách nhiệt như các loại chất dẻo chứa khí có giới hạn bền nén $R_n > 0,15$MPa xác định tại giá trị biến dạng $\varepsilon = 50\%$. Chất dẻo chứa khí dạng bán cứng có giới hạn bền nén trong khoảng $0,15 > R_n > 0,01$MPa. Chất dẻo chứa khí dạng đàn hồi có giới hạn bền nén $R_n < 0,01$MPa.

Chất dẻo chứa khí cũng có thể phân loại dựa trên các dấu hiệu sau: cấu trúc vật lý, bản chất và cấu tạo hoá học của pôlime, công nghệ chế tạo và chức năng sử dụng. Trong đó phổ biến nhất là cách phân loại phụ thuộc vào loại pôlime, gồm có: Chất dẻo chứa khí từ pôlime dẻo nóng; Chất dẻo chứa khí từ pôlime dẻo nóng, cụ thể:

- Chất dẻo chứa khí từ pôlime dẻo nóng gồm có: pôlistyrol bọt, pôlivinylclorua bọt, pôliêtylen bọt, pôliprópilen bọt, v.v...

- Chất dẻo chứa khí từ pôlime cứng nóng có thể kể đến: phênol-fomanđêhit bọt, urêfomanđêhit bọt, pôlieste không no bọt, êpoxy bọt, pôliurêtan bọt, v.v...

Chất dẻo chứa khí còn được phân loại dựa vào công nghệ chế tạo, gồm có: chất dẻo chứa khí công nghệ ép; chất dẻo chứa khí công nghệ không ép.

Chất dẻo chứa khí công nghệ không ép lại được phân thành các loại như:

- Chất dẻo chứa khí chế tạo theo phương pháp đúc rót: theo phương pháp này phối liệu dạng lỏng được làm phồng nở bằng chất khí thoát ra từ hỗn hợp tạo hình tạo khí như pôliurêtan bọt, nhựa phênol bọt.

- Chất dẻo cuốn khí: sử dụng dung dịch nước, nhũ tương hay huyền phù pôlime, sau đó đưa một lượng lớn không khí vào dung dịch này dưới dạng các bọt khí phân tán, đồng thời tiến hành hoá rắn pôlime (urêfomanđêhit bọt).

Chất dẻo chứa khí được chế tạo theo phương pháp kết khối các hạt nở sơ bộ (pôlistyrol bọt) hoặc bằng cách phồng nở thành phần dạng rắn bằng chất tạo khí (phênolfomanđêhit bọt).

Theo lĩnh vực sử dụng, chất dẻo chứa khí có thể phân thành: chất dẻo chứa khí dạng tấm, vỏ trụ dùng để cách nhiệt cho các thiết bị lạnh, các thiết bị nhiệt và cách nhiệt cho kết cấu mái, tường; chất dẻo cách nhiệt cấu kiện, được sử dụng trong các kết cấu bao che (các cấu kiện nhiều lớp). Hiện nay ngày càng có nhiều loại cấu kiện xây dựng có sử dụng chất dẻo chứa khí.

12.1. CÁC TÍNH CHẤT CHÍNH CỦA CHẤT DẺO CÁCH NHIỆT

12.1.1. Độ rỗng của chất dẻo cách nhiệt

Một trong những nhân tố quyết định cấu trúc và tính chất của chất dẻo cách nhiệt là tỉ lệ thành phần pha khí và pha rắn (pôlime), kích thước và hình dạng lỗ rỗng, tỉ lệ giữa độ rỗng kín và độ rỗng thông nhau.

Theo kích thước và sự phân bố của lỗ rỗng thì chất dẻo chứa khí là một hệ đa phân tán. Kích thước, hình dạng lỗ rỗng và chiều dày vách lỗ rỗng trong chất dẻo chứa khí biến đổi trong khoảng rộng. Sự biến đổi này có thể theo quy luật hay hoàn toàn ngẫu nhiên. Những thông số chính của cấu trúc rỗng của chất dẻo chứa khí được trình bày trong bảng 12.1. Chất dẻo chứa khí chế tạo từ pôlime dẻo nóng theo công nghệ ép thường có cấu trúc rỗng nhỏ phân bố đồng đều.

Bảng 12.1. Tính chất của cấu trúc rỗng của chất dẻo chứa khí

Loại pôlime	Tỉ trọng, g/cm^3	Khối lượng thể tích, kg/m^3	Đường kính trung bình của lỗ rỗng, mm	Chiều dày vách lỗ rỗng, μm
Pôlistyrol C_6H_5-CH=CH_2	1,05	16 - 25	0,02 - 0,2	0,5 - 18
Pôlivinylclorua CH_2=CH-Cl	1,38	50 - 220	0,1 - 0,3	5 - 250
Pôliurêtan	1,20	50 - 200	0,1 - 2,5	5 - 120
Phênolfomanđêhit C_6H_5-O-CH=O	1,2 - 1,3	20 - 200	0,2 - 5,0	1,5 - 300

Cấu trúc rỗng của nhựa pôliurêtan bọt và êpoxy bọt thường là cấu trúc phân tán mịn và đồng đều. Đối với chất dẻo chứa khí từ nhựa phênol, các lỗ

rỗng thường có dạng bầu dục kéo dài theo phương phồng nở tạo cho vật liệu này tính bất đẳng hướng, mặt khác khả năng định hướng của lỗ rỗng trong vật liệu tăng khi giảm mật độ của chất dẻo.

Đặc điểm cấu trúc rỗng của chất dẻo chứa khí có thể thay đổi ngay cả khi chế độ công nghệ và đơn phối liệu thay đổi không đáng kể. Đặc điểm của cấu trúc rỗng và kích thước của lỗ rỗng có thể thay đổi bằng cách đưa phụ gia hoạt động bề mặt vào phối liệu ban đầu. Ví dụ khi sử dụng các phụ gia hoạt động bề mặt khác nhau có thể tạo ra pôliurêtan bọt có cấu trúc chủ yếu gồm các lỗ rỗng hở hoặc chủ yếu gồm các lỗ rỗng kín. Tỉ lệ giữa lỗ rỗng kín và lỗ rỗng hở có ảnh hưởng quyết định đến tính chất cơ lý của vật liệu, khi số lượng lỗ rỗng kín tăng thì các tính chất này cũng được cải thiên. Tỉ lệ giữa lỗ rỗng kín và lỗ rỗng hở của các loại chất dẻo chứa khí có mác khác nhau được nêu trong bảng 12.2.

Bảng 12.2. Tỉ lệ độ rỗng kín và hở trong cấu trúc của chất dẻo chứa khí

Loại chất dẻo chứa khí	Khối lượng thể tích, kg/m^3	Tỉ lệ %		
		Lỗ rỗng kín	Lỗ rỗng hở	Pha rắn
Pôlistyrol bọt công nghệ ép	90	88,5	2,2	9,3
Pôlistyrol bọt công nghệ không ép	20	95,8	2,8	1,4
Pôlivinylclorua bọt	70	92,2	1,8	6,0
Pôliurêtan bọt	50	94,4	1,0	4,6
Phênol bọt công nghệ đúc rót	40	1,3	96,3	2,4

Các loại chất dẻo chứa khí theo công nghệ ép như pôlistyrol bọt, pôlivinylclorua bọt, pôliurêtan bọt cứng, chất dẻo silic hữa cơ chứa khí phần lớn chứa các lỗ rỗng kín. Các loại chất dẻo chứa khí như phênolfomanđêhit bọt urêfomanđêhit bọt, chủ yếu chứa các lỗ rỗng hở.

Khối lượng thể tích của chất dẻo chứa khí phụ thuộc vào tỷ trọng của chất dẻo và lượng dùng chất tạo khí hay tác nhân gây phồng nở. Tuy vậy để giảm khối lượng thể tích của chất dẻo chứa khí chỉ có thể tăng lượng dùng chất tạo khí đến một giới hạn nhất định đối với từng loại vật liệu. Khối lượng thể tích thường dao động theo chiều cao của lớp vật liệu và theo thể tích, nguyên nhân chủ yếu do yếu tố công nghệ. Tính không đồng nhất của vật liệu thể hiện rõ nét hơn cả ở chất dẻo chứa khí chế tạo theo công nghệ đúc rót, vì

điều kiện hình thành cấu trúc, sự phân bố nhiệt theo thể tích của khối vật liệu có ảnh hưởng đáng kể đến độ rỗng của vật liệu. Ví dụ, khi làm sủi bọt khối vật liệu phênolfomanđêhit trong dung tích kín thì sản phẩm có lớp bề mặt đặc hơn, trong khi đó nếu làm sủi bọt trong không gian hở sẽ làm cho khối lượng thể tích giảm dần theo chiều cao. Nguyên nhân là do sự mất cân bằng nhiệt của lớp bề mặt vì độ dẫn nhiệt của vật liệu làm khuôn tương đối lớn. Khi khuôn được đốt nóng sơ bộ trước khi đúc rót sẽ có tác dụng giảm bớt chiều dày của lớp vỏ đặc.

12.1.2. Độ dẫn nhiệt

Đối với chất dẻo chứa khí luôn tồn tại một giá trị khối lượng thể tích tối ưu, nếu tăng hay giảm khối lượng thể tích so với giá trị tối ưu, độ dẫn nhiệt sẽ tăng. Khi khối lượng thể tích giảm thấp hơn giá trị tối ưu thì độ dẫn nhiệt tăng do tăng số lượng các lỗ rỗng thông nhau, điều này dẫn đến tăng truyền nhiệt bằng đối lưu.

Độ dẫn nhiệt của chất dẻo chứa khí còn phụ thuộc vào bản chất hoá học của pôlime và loại chất khí có trong lỗ rỗng. Tuy nhiên ảnh hưởng của thành phần pha rắn ở thành vách lỗ rỗng đến độ dẫn nhiệt của chất dẻo chứa khí không đáng kể. Ảnh hưởng của loại chất khí chứa trong các lỗ rỗng đến độ dẫn nhiệt của vật liệu có thể thấy được qua ví dụ của chất dẻo chứa khí pôliurêtan bọt. Khi các lỗ rỗng chứa không khí, λ = 0,027W/(m.°C); chứa CO_2, λ = 0,0146W/(m.°C); CH_4-F-Cl_x, λ = 0,0084W/(m.°C). Điều đó cho thấy khi lỗ rỗng chứa các chất khí có khối lượng phân tử tăng thì độ dẫn nhiệt của chất dẻo chứa khí giảm. Độ dẫn nhiệt của chất dẻo chứa khí dùng cho mục đích cách nhiệt trong xây dựng thấp hơn nhiều so với các loại vật liệu cách nhiệt khác và có giá trị nằm trong khoảng λ = 0,023 - 0,045W/(m.°C).

Chỉ tiêu độ ẩm có ảnh hưởng đáng kể đến tính chất cách nhiệt của chất dẻo chứa khí. Đối với vật liệu có cấu trúc rỗng thông nhau, ảnh hưởng của độ ẩm lớn hơn so với vật liệu có cấu trúc rỗng kín. Điều này được giải thích là do nước thâm nhập vào các lỗ rỗng nhỏ sẽ tạo ra những cầu nối có khả năng dẫn nhiệt lớn.

Tính chất cách âm của chất dẻo chứa khí phụ thuộc vào đặc điểm của cấu trúc rỗng, tính chất bề mặt cũng như tính đàn hồi của vật liệu. Pôlistyrol bọt và pôlivinylclorua bọt, chủ yếu chứa các lỗ rỗng kín, không thoả mãn yêu

cầu đối với vật liệu hút âm. Trong số các chất dẻo chứa khí theo công nghệ đúc rót thì pôliurêtan bọt đàn hồi có cấu trúc rỗng thông nhau có hệ số hút âm cao nhất khi tần số âm trong khoảng 250 - 4000Hz. Chất dẻo chứa khí từ nhựa phênol có hệ số hút âm thấp do đặc điểm cấu trúc của loại vật liệu này đồng thời do độ cứng tương đối cao của vật liệu tạo khung.

12.1.3. Tính chất cơ lý của chất dẻo chứa khí

Trong trạng thái chịu ứng suất cơ học, tính chất của chất dẻo chứa khí thay đổi phụ thuộc vào đặc điểm của cấu trúc rỗng tổ ong và loại pôlime. Khả năng chịu lực của chất dẻo chứa khí phụ thuộc vào tính chất của tải trọng, thời gian tác dụng và khả năng biến dạng của vật liệu. Trong trạng thái chịu ứng suất, chất dẻo chứa khí có biểu hiện khác so với vật liệu đàn hồi lý tưởng tuân theo định luật Hooke và chất lỏng nhớt lý tưởng mà ở đó ứng suất tỉ lệ thuận với tốc độ biến dạng và không phụ thuộc vào biến dạng. Chất dẻo chứa khí được đặc trưng bởi tính đàn hồi nhớt và khả năng biến dạng xảy ra chậm theo thời gian. Vì vậy khi xem xét sự phá hoại của chất dẻo chứa khí cần đặc biệt quan tâm đến phân tích tính biến dạng của chúng.

Khi bị nén, vật liệu chất dẻo chứa khí không thể hiện một cách rõ ràng giới hạn bền và không xảy ra sự phá hoại dòn. Do đó giá trị giới hạn bền nén thường được xác định ở giá trị biến dạng cho trước (2%, 10%, v.v...). Sau đây là một số chỉ tiêu cơ lý của một số loại chất dẻo chứa khí.

Bảng 12.3. Tính chất cơ lý của một số loại chất dẻo chứa khí

Chất dẻo chứa khí	Khối lượng thể tích γ_0, kg/m^3	Cường độ, MPa		Môđun đàn hồi, MPa	Độ dãn dài khi đứt, %
		Nén	Uốn		
Pôlistyrol ép	40	0,35	0,80	13	3,5
	100	1,20	2,0	55	2 - 3
Pôlistyrol không ép	200	2,70	2,2	100	1,5 - 2
	20	0,12	0,12	2,5	1,5 - 2,5
Vinyl	70	1,0	1,9	85	3 - 4
Pôliurêtan	50	0,3	0,5	4	5 - 8
Phênol đúc rót	100	0,85	1,0	40	4 - 5
	60	0,18	0,16	10	4 - 5

Nhờ có khả năng điều chỉnh đơn phối liệu trong khoảng rộng nên chất dẻo chứa khí pôliurêtan có thể được chế tạo thành sản phẩm có độ bền và độ đàn hồi khác nhau đáp ứng yêu cầu sử dụng. Chất dẻo chứa khí từ nhựa phênol có tính dòn do đặc điểm cấu tạo hoá học của nhựa phênolfomanđêhit. Một trong những nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến cường độ của chất dẻo chứa khí là khối lượng thể tích. Trong phạm vi thay đổi nhỏ của giá trị khối lượng thể tích, cường độ của chất dẻo chứa khí tỉ lệ thuận với khối lượng thể tích. Tuy nhiên khi khối lượng thể tích dao động trong khoảng rộng thì mối tương quan giữa cường độ và khối lượng thể tích trở nên khá phức tạp.

12.1.4. Độ ổn định nhiệt

Độ ổn định nhiệt của chất dẻo chứa khí được xác định bởi tính ổn định hình dạng trong điều kiện sử dụng ở điều kiện nhiệt độ cao. Theo quy ước, độ ổn định nhiệt của chất dẻo chứa khí được xác định bởi nhiệt độ thử nghiệm sau 24 giờ, biến dạng co ngót của vật liệu không lớn hơn 1%. Độ ổn định nhiệt được hiểu theo góc độ kỹ thuật chính là môi trường nhiệt độ, tại đó vật liệu tiếp tục bảo tồn được giá trị sử dụng và biến dạng co ngót không vượt quá giá trị cho trước. Tính biến dạng của chất dẻo chứa khí ở điều kiện nhiệt độ cao thay đổi mạnh hơn nhiều so với độ bền. Trong điều kiện nhiệt độ cao ở trạng thái chịu ứng suất, biến dạng dẻo và biến dạng đàn hồi của chất dẻo chứa khí tăng. Mức độ và cách thức ảnh hưởng của nhiệt độ đến tính chất cơ học của chất dẻo chứa khí chủ yếu phụ thuộc vào bản chất của pha rắn. Chất dẻo chứa khí được chế tạo từ nhựa cứng nóng có độ ổn định cơ học tốt hơn trong điều kiện nhiệt độ cao. Dưới tác dụng tức thời của nhiệt độ cao chất dẻo chứa khí dạng này có khả năng ổn định hình dạng đến nhiệt độ phân huỷ (180 - 200°C). Chất dẻo chứa khí làm từ nhựa urêfomanđêhit có độ bền nhiệt lớn hơn cả (nhiệt độ sử dụng tới hạn 200°C). Nhiệt độ làm việc của chất dẻo chứa khí từ nhựa phênol đạt đến 150°C, nhựa pôliurêtan đến 90 - 120°C. Chất dẻo chứa khí từ nhựa silic hữu cơ có độ ổn định cơ học cao trong điều kiện bị nung nóng đến nhiệt độ 250°C. Các giá trị nhiệt độ trên cũng là nhiệt độ sử dụng tới hạn của chất dẻo chứa khí.

Đối với chất dẻo thuộc nhóm nhựa dẻo nóng, tính chất cơ học giảm mạnh khi nhiệt độ đạt gần nhiệt độ mềm. Chất dẻo chứa khí làm từ nhựa dẻo nóng với danh nghĩa là vật liệu kết cấu, có thể được sử dụng đến nhiệt độ 75°C. Khi nhiệt độ vượt quá giá trị này tính đàn hồi của vật liệu tăng. Ví dụ tính

chất cơ học của pôlistyrol bọt ở nhiệt độ 60°C giảm 30 - 40%. Trong điều kiện nhiệt độ âm, cường độ của chất dẻo chứa khí từ nhựa dẻo nóng tăng từ 20 - 30%, do tăng tính giòn của thành phần rắn.

Độ hút nước và hút ẩm của chất dẻo chứa khí phụ thuộc vào bản chất của pôlime, đặc điểm cấu trúc rỗng, khối lượng thể tích, đặc điểm công nghệ và thời gian làm ẩm. Sau 24 giờ ngâm trong nước, độ hút nước của urê-fomanđêhit bọt có thể đạt đến 1200% theo khối lượng. Lớp bề mặt có dộ đặc cao hơn của chất dẻo chứa khí phênolfomanđêhit bọt, được hình thành trong quá trình đúc rót có tác dụng hạn chế độ hút nước của sản phẩm. Sau 120 ngày ngâm trong nước, độ hút nước của sản phẩm này mới đạt giá trị cực đại. Đối với chất dẻo chứa khí như pôliurêtan bọt và pôlivinylclorua bọt chủ yếu chứa các lỗ rỗng kín, do đó có độ hút nước nhỏ.

Độ ẩm hấp phụ của chất dẻo chứa khí tăng khi khối lượng thể tích giảm và độ ẩm của không khí tăng.

Tính thấm hơi của chất dẻo chứa khí chế tạo theo phương pháp ép thường thấp và giảm khi khối lượng thể tích tăng, nguyên nhân là do tăng độ rỗng kín. Khi độ rỗng hở tăng thì độ thấm hơi của chất dẻo chứa khí tăng.

Trong điều kiện độ ẩm không khí cao và tiếp xúc với nước, các tính chất cơ học của chất dẻo chứa khí có thể thay đổi. Cường độ nén của chất dẻo chứa khí từ nhựa dẻo nóng giảm 8 - 18% khi bị làm ẩm trong 20 ngày đêm.

Tính cháy của chất dẻo chứa khí cũng khác nhau. Một số loại bắt lửa và cháy ngay cả khi ngừng tiếp xúc với nguồn cháy; một số loại khác cháy âm ỉ và tắt dần; còn một số loại không cháy nhưng bị nóng chảy.

Pôlistyrol bọt dễ cháy và cháy đến hết, trong khi cháy sinh nhiều khói và chảy giọt. Pôlivinylclorua không bắt lửa khi tiếp xúc với nguồn cháy cục bộ, khi ngừng tiếp xúc với nguồn cháy thì cháy âm ỉ và sau đó tắt hẳn. Pôliurêtan bọt dễ cháy và sản phẩm cháy có tính độc cao. Tuy nhiên trong quá trình chế tạo loại chất dẻo chứa khí này có thể sử dụng một số loại phụ gia chống cháy làm cho vật liệu trở nên khó cháy. Chất dẻo chứa khí từ nhựa phênolfomanđêhit bọt hay urêfomanđêhit bọt có độ bền chống cháy cao.

Hầu hết chất dẻo chứa khí có độ bền sinh học cao, tuy nhiên độ ẩm có ảnh hưởng xấu đến độ bền sinh học của sản phẩm. Urêfomanđêhit bọt có độ bền sinh học thấp hơn so với các loại khác.

12.2. CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO CHẤT DẺO CHỨA KHÍ

Nguyên vật liệu bao gồm: ôligôme hoặc pôlime là thành phần tạo khung cứng, chất tạo rỗng; ngoài ra còn có các chất như: chất xúc tác, chất khơi mào phản ứng, chất tạo nhũ tương, chất ổn định, chất hoá dẻo, chất lấp đầy, chất tạo màu, phụ gia chống cháy, chất tăng tính ổn định nhiệt, v.v... Tỉ lệ phối hợp giữa các thành phần nguyên liệu phụ thuộc chủ yếu vào các chỉ tiêu công nghệ và hoá học trong quá trình gia công phối liệu và tính chất của sản phẩm. Để chế tạo chất dẻo chứa khí có thể sử dụng pôlime dạng rắn, sản phẩm pôlime hoá sơ bộ, dung dịch nước, nhũ tương, huyền phù từ các sản phẩm trùng ngưng hoặc pôlime hoá từng phần hay dung dịch và kem pôlime.

Để tạo rỗng cho chất dẻo chứa khí có thể ứng dụng một trong các phương pháp sau đây:

- Kết hợp các thành phần tương tác hoá học với nhau giúp thải ra một lượng lớn chất khí.

- Đưa vào hỗn hợp thành hình các chất phân huỷ tạo ra chất khí dưới tác dụng của nhiệt hoặc chất xúc tác hay chiếu xạ.

- Làm bão hoà phối liệu tạo hình bằng các chất khí trơ bằng áp suất hay chất lỏng sôi ở nhiệt độ thấp bay hơi khi bị đun nóng hay khi hạ áp suất.

- Đưa không khí hay các chất khí vào hỗn hợp tạo hình dạng lỏng trong điều kiện áp suất thường.

- Tách các phần tử chất rắn được đưa vào phối liệu trong quá trình đồng nhất hoá phối liệu và tạo hình sản phẩm.

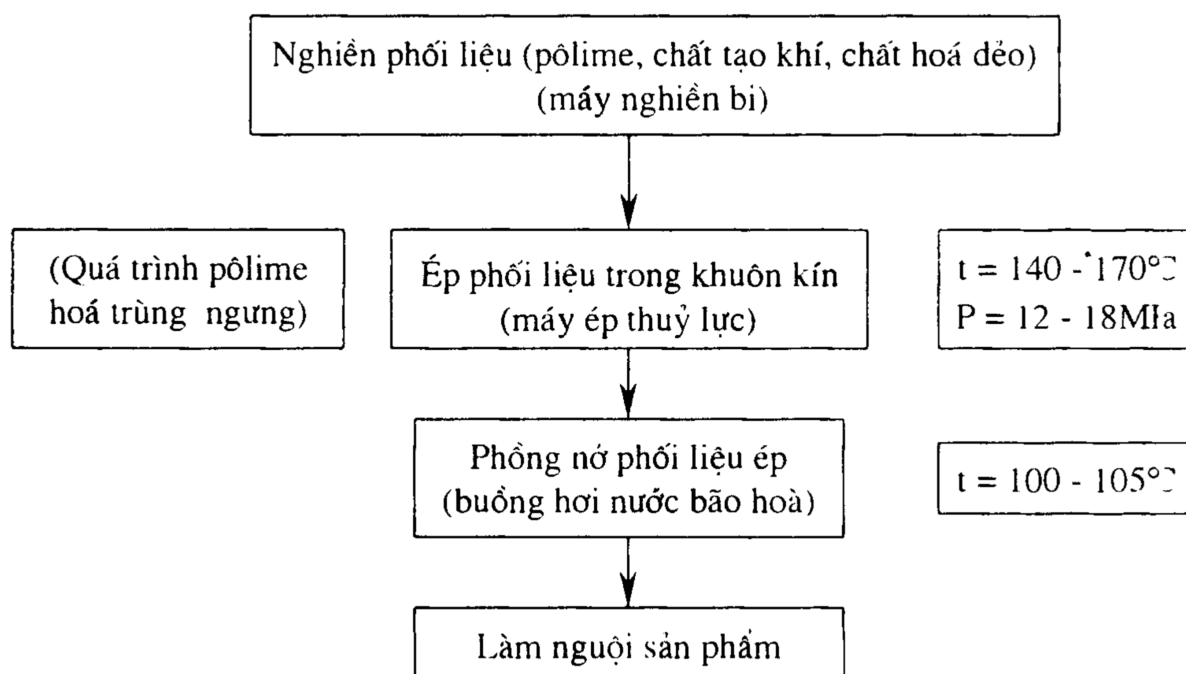
- Kết khối tiếp xúc vật liệu dạng hạt sắp xếp không chặt chẽ.

Phương pháp chế tạo chất dẻo chứa khí được quyết định bởi bản chất của pôlime và được phân thành phương pháp ép và phương pháp không ép.

12.2.1. Công nghệ chế tạo chất dẻo chứa khí theo phương pháp ép

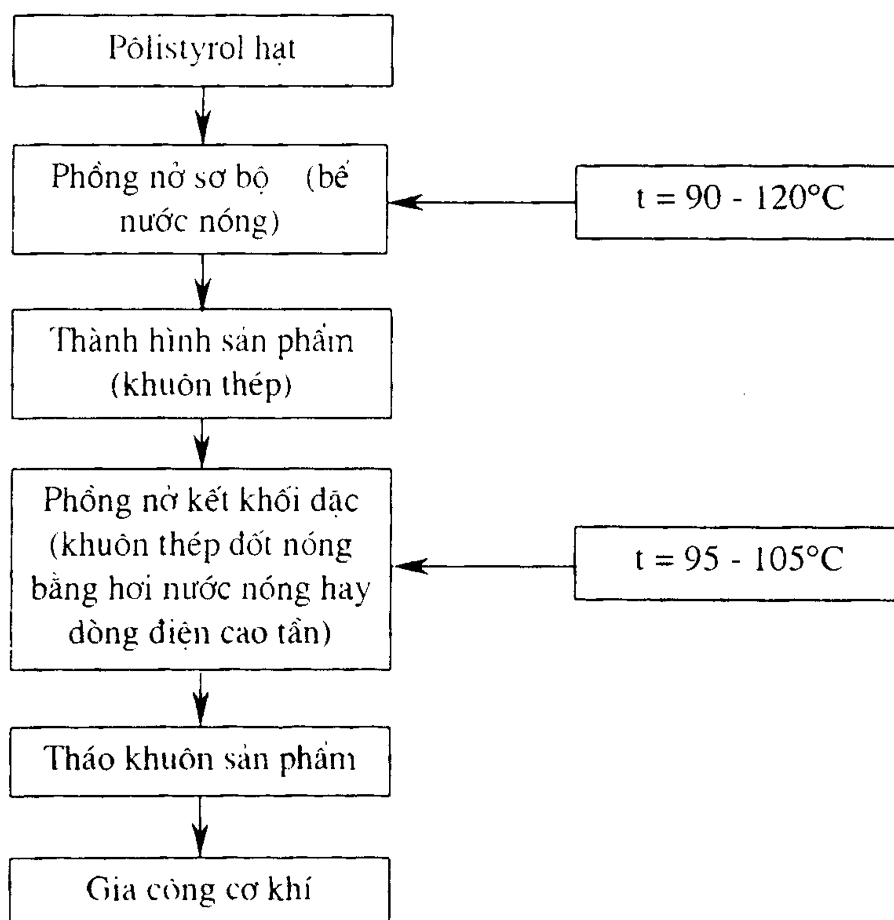
Nhựa dẻo nóng được chế tạo thành chất dẻo chứa khí ở nhiệt độ không vượt quá nhiệt độ kết khối từ 20 - 40°C bằng cả hai phương pháp có ép và không ép. Phương pháp ép có thể thực hiện theo một hoặc hai giai đoạn, bao gồm chế tạo phối liệu ép dạng bột, ép để chế tạo phôi đặc ở điều kiện nhiệt độ áp suất cao, phồng nở phôi trong điều kiện không áp và đốt nóng lần hai. Khi chế tạo phối liệu ép dạng bột (nghiền hoặc trộn nhựa, chất tạo khí, phụ

gia dẻo hoá, chất lấp đầy) độ đồng nhất và kích thước các phần tử dạng rắn có ảnh hưởng quyết định đến độ đồng nhất và cấu trúc của sản phẩm. Trong quá trình ép nóng thành phần phối liệu bị làm mềm cùng lúc bắt đầu xảy ra hiện tượng chảy nhớt, các sản phẩm hoạt tính có phân tử lượng thấp bị pôlime hoá hoặc trùng ngưng, chất tạo khí bị phân huỷ tạo ra một lượng khí lớn làm phồng nở vật liệu.

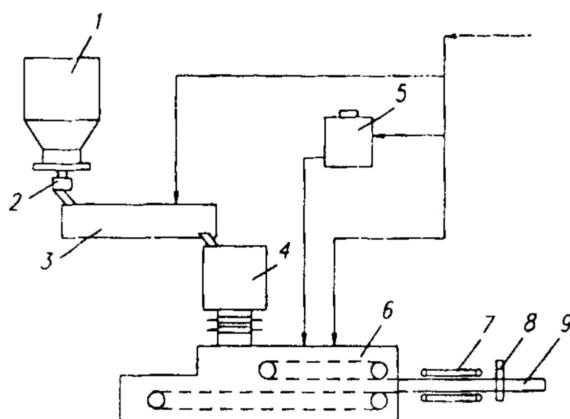


12.2.2. Công nghệ chế tạo chất dẻo chứa khí theo phương pháp không ép

Phương pháp chế tạo chất dẻo chứa khí theo công nghệ không ép cũng khác nhau. Phổ biến nhất là phương pháp phồng nở sơ bộ pôlime dạng hạt chứa tác nhân gây nở và sau đó tiến hành kết khối các hạt này. Ví dụ điển hình của phương pháp này là công nghệ chế tạo pôlistyrol bọt theo công nghệ không ép. Các hạt pôlime được chế tạo bằng cách pôlime hoá nhũ tương styrol với sự có mặt của tác nhân gây nở (izôpentan). Lúc đầu chúng được đun nóng làm phồng nở sơ bộ, sau đó sản phẩm được tạo hình trong môi trường hơi nước nóng, nước nóng hoặc đốt nóng bằng điện cao tần hay các phương pháp khác. Trong giai đoạn phồng nở sơ bộ, hạt pôlime bị làm mềm, dưới tác dụng của nhiệt độ (90 - 120°C) tác nhân gây nở sẽ chuyển từ trạng thái lỏng sang trạng thái khí dẫn đến làm tăng thể tích của vật liệu. Trong quá trình thành hình, áp suất dư do tác nhân gây nở tạo ra sẽ làm kết khối các hạt mềm, tạo ra cấu trúc bọt.



Sơ đồ nguyên lý thiết bị chế tạo pôlistyrol bọt hoạt động liên tục theo công nghệ không ép được nêu trong hình 12.1.



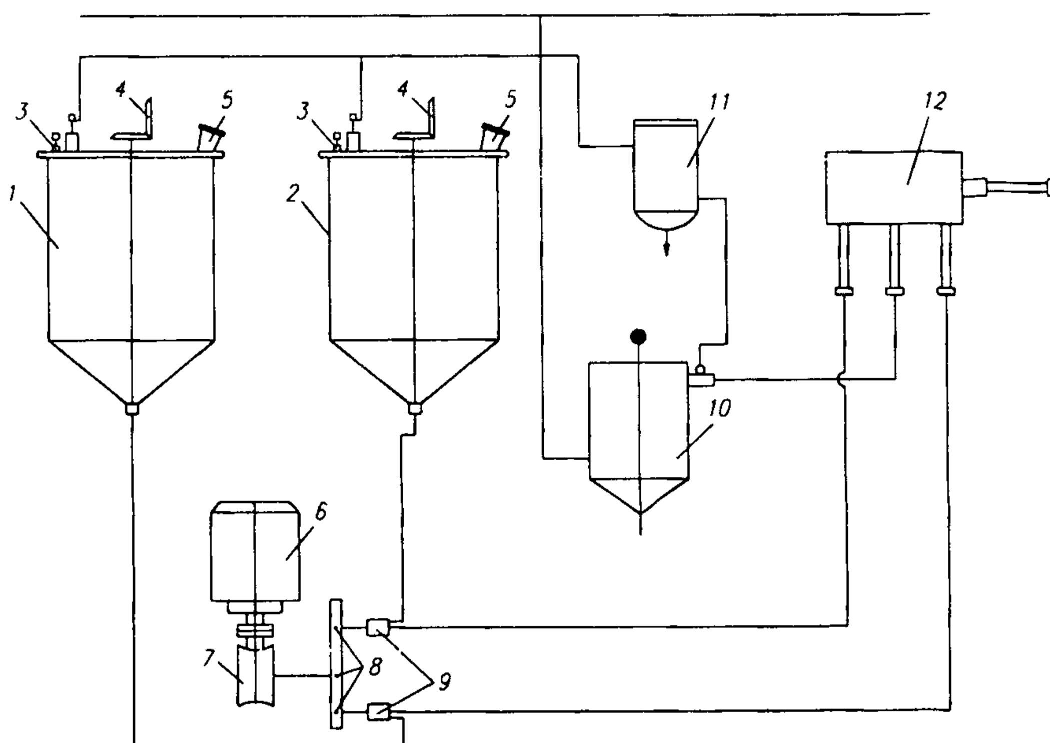
Hình 12.1: *Sơ đồ thiết bị dây chuyền liên tục chế tạo pôlistyrol bọt không ép.*

1- Bunke chứa nguyên liệu; 2- Máy cấp liệu; 3- Vít tải phồng nở sơ bộ; 4- Bunke đồng nhất hoá; 5- Thùng chứa dầu bôi khuôn; 6- Dây chuyền kết khối; 7- Dây chuyền làm nguội; 8- Thiết bị cắt; 9- Sản phẩm.

12.2.3. Công nghệ chế tạo pôliurêtan bọt theo phương pháp đúc rót

Pôliurêtan bọt là sản phẩm hoá hợp giữa đi[tri]-izôxianat với pôliol thải ra CO_2 và nước cùng sự có mặt của một số phụ gia cần thiết. Pôliol loại rượu đa chức, trong đó phổ biến nhất là 1,4-butadiol ($CH_2OH-CH_2-CH_2-CH_2OH$) được chế tạo từ axêtilen và fomanđêhit.

Có thể thay thế butadiol bằng prôpanđiol (OH-CH_2-CH_2-CH_2-OH). Đi-izôxianat có công thức hoá học R'$(OCN)_2$, trong đó R' có cấu tạo mạch vòng. Hoạt tính của chất này phụ thuộc vào vị trí của nhóm -NCO. Loại đi-izôxianat thường dùng nhất là toluen đi-izôxianat và hexamêtilen đi-izôxianat. Để điều chỉnh một số chỉ tiêu công nghệ và tính chất của sản phẩm có thể sử dụng các loại phụ gia khác nhau như các chất xúc tác (triêtylamin, triêtanolamin, đimêtilenamin), chất nhũ tương hoá và các chất điều chỉnh thời gian thải khí. Sơ đồ nguyên lý thiết bị chế tạo pôliurêtan bọt hoạt theo công nghệ đúc rót được nêu trong hình 12.2.



Hình 12.2: *Sơ đồ nguyên lý thiết bị chế tạo pôliurêtan bọt.*

1- Thùng chứa pôliol; 2- Thùng chứa đi-izôxianat; 3- Van an toàn; 4- Hệ thống dẫn động trục khuấy; 5- Cửa nạp liệu; 6- Môtơ điện; 7- Hệ thống dẫn động; 8- Hộp số; 9- Bơm; 10- Bình tích áp; 11- Bình lọc ẩm; 12- Vòi phun.

Pôliurêtan bọt cũng có thể được chế tạo bằng cách định lượng và trộn chung các thành phần phối liệu trong cùng một máy trộn có các cánh trộn quay với tốc độ lớn (5000 - 6000vòng/phút) tạo ra sản phẩm có cấu trúc đồng đều. Thiết bị này có công suất lớn và thường được ứng dụng cho các dây chuyền công nghiệp công suất lớn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Технология минеральных теплоизоляционных материалов и легких бетонов.* К.Э. Горяйнов, К.Н. Дубенецкий, С.Г. Васильков, Л.Н. Попов. Стройиздат, Москва 1976.

2. *Технология теплоизоляционных материалов.* Ю.П. Горлов, А.П. Меркин, А.А. Устенко. Стройиздат, Москва 1980.

3. *Fiber - Reinforced cement composites.* Perumalsamy N. Balaguru, Surendra P. Shah. Mc Graw - Hill International Edition, Singapore 1992.

4. *Hội thảo nghiên cứu hiện trạng sử dụng amiăng ở Việt Nam và khả năng thay thế trong sản xuất tấm sóng amiăng.* Công ty Đầu tư công nghệ FPT và Tập đoàn Kawasaki, Hà Nội 2000.

5. *Vật liệu Polyurethane (bản thảo giáo trình Vật liệu cách nhiệt).* Thạc Sĩ Hoàng Vĩnh Long.

6. *Research of asbestos's substitute material in pilot production of corrugated sheets (Report of NEDO project).* Centre of Environment & Technology CET/FPT/MOSTE.

MỤC LỤC

CÔNG NGHỆ
VẬT LIỆU CÁCH NHIỆT

(Tái bản)

Chịu trách nhiệm xuất bản :

TRỊNH XUÂN SƠN

Biên tập : ĐÀO NGỌC DUY
Chế bản : NGUYỄN NHƯ QUÝ
Sửa bản in : ĐÀO NGỌC DUY
Trình bày bìa : NGUYỄN HỮU TÙNG

n 300 cuốn khổ 17 x 24cm tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch .uất bản số 21-2010/CXB/56-64/XD ngày 30- 12- 2009. Quyết định xuất bản số 171/QĐ-XBXD ıgày 24/7/2010. In xong nộp lưu chiểu tháng 8 -2010.